PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 15. April 1913. Redaktionsschluß für No. 9 am 19. April 1913. 14. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

Lord Rayleigh, Die Wirkung von Verbindungsstellen auf die Fortpflanzung elektrischer Wellen längs Leitern. S. 313.

W. Friedrich, Eine neue Interferenzerscheinung bei Röntgenstrahlen. S. 317.

J. Stark, Zur Diskussion des Verhaltens der Röntgenstrahlen in Kristallen. S. 319.

O. v. Baeyer, O. Hahn u. L. Meitner, Das magnetische Spektrum der β-Strahlen des Radioaktiniums und seiner Zerfallsprodukte. S. 321.

A. Eucken, Über das Wärmeleitvermögen, die spezifische Wärme und die innere Reibung der Gase. S. 324.

N. Botez u. H. Hertenstein, Einige Beobachtungen über Wärmeleitung in Kristallen. S. 332.

J. F. Sirks, Messungen über die ultraviolette magnetische Drehung in Gasen. S. 336.

E. Meißner, Das Elastizitätsproblem für dünne Schalen von Ringflächen-, Kugel- oder Kegelform. S. 343.

H. Rohmann, Nutzbarmachung der Drehungswinkel bei Meßinstrumenten (hochempfindliches Relais). S. 350.

G. Pólya, Über Molekularrefraktion. S. 352.

B. Weinberg, Ein kleiner Zusatz zu dem Artikel von O. Lummer, „Stäbchensehen in klarer Sternennacht (Stäbchenweiser Sternenglanz)". S. 355.

Besprechungen:

H. E. Timerding, Die Theorie der Kräftepläne. S. 355.

Luftfahrt und Wissenschaft. II. III. S. 356.

M. Weidig, Radioaktive Wässer in Sachsen. IV. S. 357.

A. A. Michelson, Lichtwellen und ihre Anwendung. S. 357.

Mitteilungen der Ukrainischen Gesellschaft der Wissenschaften in Kiew. Naturwissenschaftliche Sektion. I. S. 357.

T. S. Price, Per-Acids and their salts. S. 357.

Berichtigung. S. 357.

Tagesereignisse. S. 357.

Personalien. S. 358.

Vorlesungsverzeichnis f. das Sommersemester 1913. S. 358.

Angebote. S. 376.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Wirkung von Verbindungsstellen auf die Fortpflanzung elektrischer Wellen längs Leitern [1]).

(The Effect of Junctions on the Propagation of Electric Waves along Conductors.)

Von Lord Rayleigh.

Ein Versuch von Hertz[2]) gibt Anlaß zu einigen interessanten Problemen über die Fortpflanzung elektrischer Wellen. Bei der Urform des Versuchs wandern Wellen der einfachsten Art in positiver Richtung (Fig. 1) außerhalb

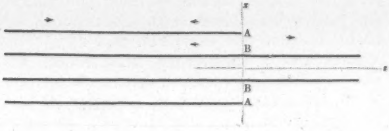


Fig. 1.

einer unendlich dünnen leitenden Zylinderschale AA, die etwa in der Ebene $x = 0$ endet. Mit dem Zylinder koaxial erstreckt sich ein Stab oder Draht BB (von kleinerem Durchmesser) nach beiden Richtungen ins Unendliche. Die Leiter werden als vollkommen vorausgesetzt, und es wird verlangt, die Wellen zu bestimmen, die sich über den Zylinder hinaus auf der positiven Seite von z fortpflanzen, sowie jene, die außerhalb des Zylinders und in dem ringförmigen Raume zwischen dem Zylinder und dem Drahte rückwärts reflektiert werden.

In dieser Form ist das Problem, selbst wenn es mathematisch bestimmt ist, wahrscheinlich nicht zu behandeln. Wenn wir es aber dadurch verändern, daß wir eine äußere koaxiale leitende Hülle CC (Fig. 2) einführen, die sich

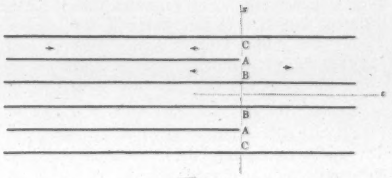


Fig. 2.

nach beiden Richtungen ins Unendliche erstreckt, und wenn wir weiter voraussetzen, daß der Durchmesser dieser Hülle im Vergleich zur Wellenlänge λ der Schwingungen klein ist, so werden wir das Problem ins Bereich der Näherungsmethoden bringen. Mit diesen Beschränkungen möchte ich hier das vorliegende Problem und einige analoge behandeln. Ich schicke einige Betrachtungen allgemeinerer Natur voraus.

Es seien P, Q, R die Komponenten der elektromotorischen Kraft, a, b, c die der Magnetisierung. Die ringsum geltenden allgemeinen

1) Mitteilung an die Royal Society, eingereicht 2. Dezember 1912, vorgetragen 16. Januar 1913.

2) „Über die Fortleitung elektrischer Wellen durch Drähte", Wied. Ann. **37**, 395, 1889.

Maxwellschen Beziehungen für Kreise[1]) ergeben dann für das Dielektrikum:

$$\frac{da}{dt} = \frac{dQ}{dz} - \frac{dR}{dy} \qquad (1)$$

nebst zwei ähnlichen Gleichungen, und

$$\frac{dP}{dt} = V^2\left(\frac{dc}{dy} - \frac{db}{dz}\right) \qquad (2)$$

ebenfalls mit zwei ähnlichen Gleichungen. Hier ist V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Aus (1) und (2) können wir ableiten:

$$\left.\begin{aligned} \frac{da}{dx} + \frac{db}{dy} + \frac{dc}{dz} &= 0, \\ \frac{dP}{dx} + \frac{dQ}{dy} + \frac{dR}{dz} &= 0, \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

und weiter:

$$\left(\frac{d^2}{dt^2} - V^2\nabla^2\right)(P, Q, R, a, b, c) = 0, \qquad (4)$$

wo

$$\nabla^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2} \qquad (5)$$

ist.

In jedem Punkte der Oberfläche eines als vollkommen betrachteten Leiters ist die Bedingung, die erfüllt werden muß, die, daß der Vektor (P, Q, R) dort normal steht. Im folgenden werden wir es nur mit einfachen Schwingungen zu tun haben, in denen alle Größen proportional e^{ipt} sind, so daß wir $\frac{d}{dt}$ durch ip ersetzen können.

Es ist vielleicht zweckmäßig, mit einigen Fällen zu beginnen, in denen die Wellen in nur zwei Dimensionen (x, z) verlaufen, also anzunehmen, daß a, c, Q verschwinden, während b, P, R unabhängig von y sind. Aus (1) und (2) erhalten wir dann:

$$P\frac{db}{dx} + R\frac{db}{dz} = 0.$$

An der Oberfläche eines Leiters sind P, Q den Richtungskosinus der Normalen (n) proportional; mithin können wir die Oberflächenbedingungen einfach durch

$$\frac{db}{dn} = 0 \qquad (6)$$

ausdrücken, und diese Gleichung genügt im Verein mit

$$\left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dz^2} + k^2\right)b = 0 \qquad (7)$$

zur Bestimmung von b. In Gleichung (7) ist

$$k = \frac{p}{V}.$$

1) Phil. Trans. 1868; Maxwell's Scientific Papers **2**, 128.

Wie man sieht, sind die Gleichungen (6) und (7) mit denen identisch, die in zwei Dimensionen für Luftwellen gelten, welche in Räumen erfolgen, die von festen Wänden umgrenzt sind; b bezeichnet dann das Geschwindigkeitspotential. Wenn wir b kennen, ergeben sich die übrigen Funktionen ohne weiteres.

Nebenher mag bemerkt werden, daß die vorstehende Analogie Licht auf die Frage wirft, unter welchen Umständen elektrische Wellen von Leitern geführt werden. Einige hohe Autoritäten meinen anscheinend, daß eine solche Führung in allen Fällen infolge der Richtungsbestimmung der elektrischen Kraft durch die Grenzbedingung stattfindet. Aber in der Akustik, wo doch eine ähnliche Bedingung gilt, findet keine Führung von Luftwellen um konvexe Flächen statt, und es folgt daher, daß bei den hier betrachteten zweidimensionalen elektrischen Schwingungen keine stattfindet. In der Nähe konkaver Wandflächen besteht in beiden Fällen ein Flüstergalerie-Effekt[1]). Die besondere Führung elektrischer Wellen durch Drähte beruht darauf, daß der Leiter von der magnetischen Kraft umkreist wird. Beispielsweise könnte keine solche Umkreisung aus dem Einfall ebener Wellen auf einen Draht entstehen, der ganz in der Ebene liegt, welche die Fortpflanzungsrichtung und die Richtung der magnetischen Kraft enthält.

Unsere erste besondere Anwendung machen wir bei der extremen Form des (modifizierten) Hertzschen Problems, die auftritt, wenn alle Radien der in Frage kommenden Zylinderflächen unendlich werden, während die Differenzen CA, AB endlich bleiben, und zwar klein gegenüber λ. In Fig. 2 stellen dann A, B, C zur Ebene des Papiers senkrechte Ebenen dar, und das Problem ist zweidimensional. Die beiden Hälften, die positiven und negativen Werten von x entsprechen, sind isoliert, und wir brauchen nur eine von ihnen zu betrachten. Wenn wir unser akustisches Analogon zu Hilfe nehmen, können wir die Lösung, die (nach Poisson) in „Theory of Sound", § 264, gegeben ist, ohne weiteres übertragen. Wenn die einfallende Welle in CA durch f_{CA} und die dort reflektierte durch F dargestellt wird, während die längs CB und AB fortschreitenden Wellen mit f_{CB} und f_{AB} bezeichnet werden, erhalten wir:

$$f_{CB}' = f_{AB}' = \frac{-2CA}{CB + AB + CA} f_{CA}' = \frac{CA}{CB} f_{CA}' \qquad (8)$$

und

1) Phil. Mag. (6) **20**, 1001, 1910; Scientific Papers **5**, 617.

$$F' = \frac{AB}{CB} f_{CA}'. \qquad (9)$$

Die Welle in AB ist als um den Rand bei A herum vorwärts schreitend anzusehen, und nicht als reflektiert. Wie vorauszusehen war, ist die reflektierte Welle F' um so kleiner, je kleiner AB ist. Natürlich beruht die Gültigkeit dieser Ergebnisse auf der Annahme, daß das Gebiet um A, in dem die Wellen unregelmäßig sind, Dimensionen hat, die im Vergleich mit λ vernachlässigt werden können.

Ein noch einfacherer Fall ist in Fig. 3

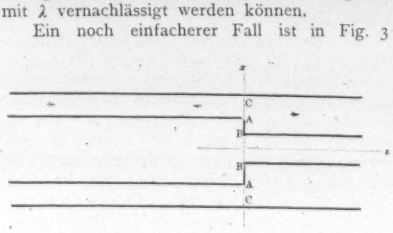


Fig. 3.

skizziert, wo die verschiedenen Linien für den Augenblick zur Zeichnungsebene senkrechte Ebenen oder Zylinderflächen darstellen. Eine Begrenzungsebene C ist ungebrochen. Die andere Begrenzung besteht hauptsächlich aus zwei Ebenen mit einer Übergangsstelle bei AB, die indessen beliebig gestaltet werden kann, solange sie in einer viel kleineren Strecke als λ liegt. Bei ähnlicher Bezeichnung, wie wir sie eben benutzt haben, mag f_{CA} die einfallende positive Welle und F die reflektierte Welle bedeuten, während die in CB vorwärts schreitende f_{CB} ist. Wir erhalten in derselben Weise:

$$f_{CB}' = \frac{2CA}{CB + CA} f_{CA}, \qquad (10)$$

$$F' = \frac{AB}{CB + CA} f_{CA}', \qquad (11)$$

Wenn AB verschwindet, erhalten wir natürlich:

$$f_{CB}' = f_{CA}',$$
$$F' = 0.$$

Wir werden etwas weiter unten das Problem der Fig. 3 betrachten, wenn die einzelnen Flächen Rotationsflächen um die z-Achse sind.

Wenn wir die zweidimensionalen Beispiele verlassen, finden wir, daß dieselbe allgemeine Methode anwendbar ist, immer unter der Bedingung, daß das von unregelmäßigen Wellen erfüllte Gebiet Dimensionen hat, die im Vergleich mit λ klein sind. Innerhalb dieses Gebiets gilt eine vereinfachte Form der allgemeinen Gleichungen, und somit ist die Schwierigkeit beseitigt.

Eine Zunahme von λ bedeutet eine Abnahme von p. Wenn diese weit genug geht, berechtigt sie zur Fortlassung von d/dt in den Gleichungen (1), (2), (3), (4). Somit werden P, Q, R Abgeleitete einer einfachen Potentialfunktion φ, die ihrerseits der Gleichung

$$\nabla^2 \varphi = 0$$

genügt; das heißt, die elektrischen Kräfte gehorchen den Gesetzen der Elektrostatik. Ähnlich sind a, b, c Abgeleitete einer anderen, derselben Gleichung genügenden Funktion ψ. Der einzige Unterschied besteht darin, daß ψ mehrwertig sein kann. Der Magnetismus ist der von stationären elektrischen Strömen herrührende. Wenn mehrere Drähte in einem Punkte zusammentreffen, ist die Gesamtstromstärke Null. Dies wird durch Funktionen von a, b, c als Beziehung zwischen den ringsum genommenen Integralen der magnetischen Kraft ausgedrückt. Das Verfahren besteht dann darin, die Lösung zu bilden, die für die Teile in einer Entfernung zu beiden Seiten des Gebiets der Unregelmäßigkeit gelten, und diese einander mit Hilfe der an den Grenzen dieses Gebiets geltenden anzupassen, dank dem Umstande, daß dieses Gebiet klein ist.

Bei der Anwendung auf das Problem der Fig. 3 wollen wir annehmen, daß die Leiter sämtlich Rotationsflächen um z sind, obschon die Methode an sich diese Beschränkung nicht erfordert. Das Problem der regulären Wellen (ohne Beschränkung durch die Gestalt des Schnittes) ist in einer früheren Arbeit[1]) betrachtet worden. Da alle die elektrischen Bedingungen ausdrückenden abhängigen Variabeln proportional $e^{i(pt + kz)}$ sind, so hebt sich in Gleichung (4) d^2/dt^2 gegen $V^2 d^2/dz^2$ auf, so daß

$$\left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2}\right)(P, Q, R, a, b, c) = 0, \qquad (12)$$

ist. R und c verschwinden ebenfalls. Im vorliegenden Falle haben wir für die negative Seite, wo sowohl eine direkte wie eine reflektierte Welle vorhanden ist,

$$P, Q, R =$$
$$= e^{ipt}(H_1 e^{-ikz} + K_1 e^{ikz})\left(\frac{d}{dx}, \frac{d}{dy}, 0\right)\log r, \qquad (13)$$

wo r die Entfernung irgendeines Punktes von der Symmetrieachse ist, und wo H_1 und K_1 willkürliche Konstanten sind. Entsprechend (13) gilt:

$$V(a, b, c) =$$
$$= e^{ipt}(-H_1 e^{-ikz} + K_1 e^{ikz})\left(\frac{d}{dy}, -\frac{d}{dx}, 0\right)\log r, \qquad (14)$$

1) Phil. Mag. (5) **44**, 199, 1897; Scientific Papers **4**, 327.

Im Gebiet regelmäßiger Wellen auf der positiven Seite schreitet, wie wir annehmen, keine Welle in negativer Richtung fort. Hier ist demgemäß

$$P, Q, R = H_2 e^{i(pt-kz)}\left(\frac{d}{dx}, \frac{d}{dy}, 0\right)\log r, \quad (15)$$

$$V(a,b,c) = H_2 e^{i(pt-kz)}\left(-\frac{d}{dy}, \frac{d}{dx}, 0\right)\log r, \quad (16)$$

wo H_2 eine andere Konstante ist. Wir müssen nun die Beziehungen zwischen den Konstanten H_1, K_1, H_2 bestimmen, die bisher willkürlich waren, und zwar ausgedrückt durch die übrigen Daten.

Zu diesem Zwecke betrachten wir Querschnitte zu beiden Seiten nahe dem Anfangspunkte, die aber doch noch in den Gebieten regelmäßiger Wellen liegen. Die elektrische Kraft, wie sie in (13) und (15) ausgedrückt ist, ist rein radial. Auf der positiven Seite ist ihr Integral zwischen dem Halbmesser r_2 des inneren und jenem r' des äußeren Leiters, unter Fortlassung von e^{ipt}:

$$H_2 e^{-ikz}\log(r'/r_2),$$

wo z den Wert hat, der dem Querschnitt zukommt. Auf der negativen Seite ist das entsprechende Integral

$$(H_1 e^{-ikz} + K_1 e^{ikz})\log(r'/r_1),$$

wenn r_1 der Halbmesser des inneren Leiters an dieser Stelle ist. Wenn wir aber das dazwischenliegende Gebiet betrachten, wo die elektrostatischen Gesetze gelten, erkennen wir, daß diese beiden Integrale gleich sein müssen, und weiter, daß die Exponentialfunktionen gleich Eins gesetzt werden können. Demgemäß ist die erste Beziehung:

$$(H_1 + K_1)\log(r'/r_1) = H_2 \log(r'/r_2). \quad (17)$$

Ähnlich ist die magnetische Kraft in (14) und (16) rein peripher. Und die Kreisströme an den beiden Schnittstellen verhalten sich wie $(H_1 - K_1)$ zu H_2. Da aber diese Kreisströme, die elektrische Ströme darstellen, welche als stetig behandelt werden können, gleich sind, so erhalten wir als zweite Beziehung:

$$H_1 - K_1 = H_2. \quad (18)$$

Die beiden Beziehungen (17) und (18) liefern die vorwärtsschreitende Welle H_2 und die reflektierte Welle K_1 als Funktionen der einfallenden Welle H_1. Wenn $r_2 = r_1$ ist, erhalten wir natürlich

$$H_2 = H_1,$$
$$K_1 = 0.$$

Wenn wir r_1, r_2, r' alle als groß und nahezu gleich voraussetzen und die Logarithmen entwickeln, so kommen wir wieder auf die bereits angegebene Lösung für den zweidimensionalen Fall zurück.

Im vorstehenden ist der Halbmesser der äußeren Hülle durchweg als gleichförmig vorausgesetzt worden. Wenn in der Nähe des Nullpunktes der Halbmesser der Hülle von r_1' in r_2' übergeht, während (wie zuvor) jener des inneren Leiters von r_1 in r_2 übergeht, so erhalten wir statt Gleichung (17) die Gleichung:

$$(H_1 + K_1)\log\left(\frac{r_1'}{r_1}\right) = H_2 \log\left(\frac{r_2'}{r_2}\right), \quad (19)$$

während die Gleichung (18) ungeändert bestehen bleibt.

In Gleichung (19) sind die logarithmischen Funktionen den reziproken Werten der elektrischen Kapazitäten des Systems zu beiden Seiten, und zwar in jedem Falle bezogen auf die Längeneinheit, proportional. Nach der in der erwähnten Arbeit angegebenen Theorie können wir schließen, daß diese Substitution ausreicht, um uns von der Beschränkung auf die Symmetrie zur Achse freizumachen, die wir uns bisher auferlegt haben. Die allgemeineren Funktionen, die dann an die Stelle von $\log r$ zu beiden Seiten treten, müssen wir mit solchen Koeffizienten wählen, daß dadurch die Kreisströme der magnetischen Kraft gleich werden. Die hier angedeutete Verallgemeinerung gilt ebenso für die übrigen in dieser Arbeit behandelten Probleme.

Bei dem Hertzschen Problem, Fig. 2, ist das Verfahren ähnlich. Im Gebiete regelmäßiger Wellen links in CA können wir (13) und (14) annehmen, und für die regelmäßigen Wellen rechts in CB nehmen wir (15) und (16) an. Nun erhalten wir aber noch außerdem für die regelmäßigen Wellen links in AB:

$$P, Q, R = K_3 e^{i(pt+kz)}\left(\frac{d}{dx}, \frac{d}{dy}, 0\right)\log r, \quad (20)$$

$$V(a,b,c) = K_3 e^{i(pt+kz)}\left(\frac{d}{dy}, -\frac{d}{dx}, 0\right)\log r. \quad (21)$$

Drei Bedingungen sind nunmehr erforderlich, um K_1, H_2, K_3 durch H_1 zu bestimmen. Wir werden die Halbmesser in der angenommenen Reihenfolge, nämlich $\frac{1}{2}BB$, $\frac{1}{2}AA$, $\frac{1}{2}CC$ mit r_1, r_2, r_3 bezeichnen. Wie in (17) ergeben die elektrischen Kräfte:

$$(H_1 + K_1)\log\frac{r_3}{r_2} + K_3 \log\frac{r_2}{r_1} = H_2 \log\frac{r_3}{r_1}. \quad (22)$$

Die magnetischen Kräfte liefern zwei Gleichungen, die wir als Ausdruck dafür ansehen können, daß die Stromstärken auf beiden Seiten längs BB dieselben sind, und daß, da der Schnitt sich in zu vernachlässigender Entfernung vom isolierten Ende befindet, in AA kein Strom vorhanden ist. Mithin ist

$$H_1 - K_1 = -K_3 = H_2. \quad (23)$$

Aus (22) und (23) folgt:

$$\frac{K_1}{H_1} = \frac{\log r_2 - \log r_1}{\log r_3 - \log r_1}, \tag{24}$$

$$H_2 = -K_3 = \frac{\log r_3 - \log r_2}{\log r_3 - \log r_1}. \tag{25}$$

Wenn r_2 größer als r_1, ihre Differenz aber klein ist, strebt K_1 zu verschwinden, während sich H_2 und $-K_3$ dem Werte Eins nähern. Wenn dagegen alle Halbmesser groß sind, gehen (24) und (25) in

$$\left.\begin{aligned} \frac{K_1}{H_1} &= \frac{r_2 - r_1}{r_3 - r_1}, \\ H_2 = -K_3 &= \frac{r_3 - r_2}{r_3 - r_1} \end{aligned}\right\} \tag{26}$$

über, wie wir schon in (8) und (9) gefunden haben.

Dasselbe Verfahren findet mit nur geringer Änderung Anwendung auf das allgemeinere Problem, bei dem Wellen, die zwischen einem Draht mit Hülle (r_1, r_1') bestehen, sich so teilen, daß sie längs mehrerer Drähte mit Hüllen — (r_2, r_2'), (r_3, r_3'), usw. — fortschreiten, immer unter der Bedingung, daß das ganze Gebiet der Unregelmäßigkeit im Vergleich zur Wellenlänge zu vernachlässigen ist[1]). Die einzelnen Drähte und Hüllen werden natürlich kontinuierlich vorausgesetzt. Bei ähnlicher Bezeichnung nennen wir die direkte und die reflektierte Welle längs des ersten Drahtes H_1 bzw. K_1 und die längs des zweiten, des dritten Drahtes usw. vorwärts wandernden: H_2, H_3 usw. Die Gleichungen sind:

$$\left.\begin{aligned} (H_1 + K_1)\log\frac{r_1'}{r_1} &= H_2 \log\frac{r_2'}{r_2} = \\ &= H_3 \log\frac{r_3'}{r_3} = \cdots, \\ H_1 - K_1 = H_2 &= H_3 = \cdots \end{aligned}\right\} \tag{27}$$

Es ist kaum nötig, klar liegende besondere Fälle im einzelnen zu behandeln.

Der Erfolg der bei diesen Problemen angewandten Methode beruht auf der Annahme einer großen Wellenlänge. Diese Annahme bildet natürlich eine Beschränkung, sie hat aber den Vorteil, die unregelmäßige Bewegung an den Verbindungsstellen zu eliminieren. Bei den zweidimensionalen Beispielen könnte man möglicherweise die Annäherung weiter führen, indem man den Charakter der unregelmäßigen Wellen, wenigstens bis zu einem gewissen Grade bestimmt, etwa so wie bei der Frage nach der Korrektion für das offene Ende einer Orgelpfeife.

(Nach Korrekturbogen von Proc. Roy. Soc. aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 3. Februar 1913.)

1) Diese Bedingung wird für gewöhnlich hinreichen. Man kann aber extreme Fälle aufstellen, wo, trotzdem das Übergangsgebiet klein ist, dessen Gestalt derartig ist, daß sie Resonanzen von einer Frequenz zur Folge hat, die mit jener der Hauptwellen übereinstimmt. Dann würde die Methode versagen.

Eine neue Interferenzerscheinung bei Röntgenstrahlen.

Von W. Friedrich.

(Mit Tafel XII.)

In einer jüngst erschienenen Abhandlung[1]) hat der Verfasser in Gemeinschaft mit P. Knipping über Interferenzversuche mit Röntgenstrahlen berichtet. Die Versuche waren angestellt auf eine Vermutung M. Laues hin, daß die regelmäßige Anordnung der Moleküle bzw. Atome in einem Kristall beim Durchgang von Röntgenstrahlen Anlaß zu Interferenzerscheinungen geben könnte. Die Vermutung Laues wurde glänzend bestätigt, und es gelang, mit einer ganzen Reihe von Kristallen der verschiedensten kristallographischen Systeme und chemischen Zusammensetzungen zum Teil sehr schöne und äußerst regelmäßige Interferenzfiguren zu erhalten. An Hand dieser Figuren hat dann Laue eine eingehende Theorie[2]) entwickelt, und es ergab sich eine gute Übereinstimmung der theoretischen und der auf experimentellem Wege erhaltenen Bilder.

Bei weiteren Versuchen dieser Art, über deren Ergebnisse demnächst an anderer Stelle ausführlich berichtet werden wird, habe ich zu meiner großen Überraschung auch mit nicht kristallinen Körpern Erscheinungen erhalten, die unbedingt als Beugungsbilder und somit als Interferenzen der Röntgenstrahlen angesehen werden müssen. Über sie soll hier eine kurze Mitteilung folgen.

Für die Versuche wurde die gleiche Anordnung benutzt wie bei den Versuchen mit Kristallen (vgl. Fig. 1 daselbst). Aus den Strahlen einer kräftigen Röntgenröhre wird durch mehrere dicke Bleiblenden ein schmales Bündel von ca. 1 mm Querschnitt ausgeblendet. Dieses durchsetzt den zu untersuchenden Körper und fällt auf eine hinter diesem in einigen Zentimetern Abstand aufgestellte photographische Platte. Ein großer Bleischirm sowie ein Bleikasten dienen dazu, nicht gewollte Strahlen von der photographischen Platte abzuhalten.

Es wurde zunächst gewöhnliches weißes Klebwachs untersucht, das zu einem 3 mm dicken Scheibchen geformt war, und das die Strahlen senkrecht durchsetzten. Nach einer

1) Münch. Ber. 1912, 311—322.
2) Münch. Ber. 1912, 303—310, 363—373.

Exposition von 2000 Milliamperminuten mit einer mittelweichen Röhre ergab sich auf der photographischen Platte das in Fig. 1 auf Tafel XII reproduzierte Bild[1]), auf dem man deutlich einige Beugungsringe um den Durchstoßungspunkt der Primärstrahlen erkennen kann. Bei anderen Körpern, wie Kanadabalsam, Paraffin, Paraffinöl, Bernstein und Meerschaum, wurden teils ebenfalls Andeutungen von Ringen, stets aber ein viel allmählicherer Abfall der Schwärzung festgestellt, als er ohne eine dieser Substanzen sich zeigte. Diese allgemeine Verbreiterung möchte ich ebensosehr als Beugungserscheinung ansprechen wie die mehr in die Augen springenden Ringe. Fig. 2 auf Tafel XII zeigt das mit Paraffin erhaltene Resultat. Bei Glas von 0,5 mm und Kohle von 3 mm Dicke war nur der durch Diffusion ein wenig verbreiterte Durchstoßungspunkt der Primärstrahlen vorhanden.

Zur Deutung dieser Erscheinungen sei ganz allgemein folgendes vorangeschickt. Im Gegensatz zu den kristallinen Körpern, bei denen die Moleküle bzw. Atome eine gesetz- und regelmäßige Anordnung zeigen, ist bei den amorphen Körpern die Anordnung der Teilchen eine vollkommen regellose. Fallen Röntgenstrahlen auf einen amorphen Körper, so werden sie zu einem kleinen Teile nach allen Richtungen hin zerstreut; scharfe Intensitätsmaxima von der Art, wie sie durch Interferenz bei den kristallinen Körpern entstehen, können nicht auftreten. Wir haben ein Analogon zu der aus der Optik bekannten Erscheinung, daß Licht durch ein trübes Medium zerstreut wird, und daß, falls die die Trübung verursachenden Partikeln nicht zu klein sind, rund um die Einfallsrichtung Intensitätshäufungen auftreten. Die Beugungsringe, die an behauchten oder mit Lykopodium bestreuten Glasplatten auftreten, sowie die Höfe um Sonne und Mond, die durch Beugung an den Wassertröpfchen dünner Wolkenschichten entstehen, sind Beispiele hierfür. Der Durchmesser der beugenden Teilchen beträgt hierbei das ca. 10 bis 100fache der Wellenlänge der auffallenden Strahlen.

Nahe das gleiche Größenverhältnis besteht zwischen der Größe der Atome und der Größe der Wellenlänge der Röntgenstrahlen. Die erste ist von der Größenordnung 10^{-8} cm, während nach den bisherigen Versuchen der wahrscheinlichste Wert für die Wellenlänge der periodischen Röntgenstrahlung von der Größenordnung 10^{-9} cm ist. Es ist daher offenbar die Möglichkeit gegeben, daß Beugungserscheinungen obengenannter Art auftreten können, wenn Röntgenstrahlen durch einen amorphen Körper hindurchgehen.

Eine Überschlagsrechnung mit der Annahme unregelmäßig verteilter kreisförmiger Scheibchen vom Durchmesser 10^{-8} cm zeigt, daß den erhaltenen Beugungswinkeln eine Wellenlänge der auffallenden Strahlung von einigen 10^{-9} cm entsprechen würde. Natürlich ist diese Überschlagsrechnung sehr roh; denn über die Form sowie über sonstige Eigenschaften der Moleküle bzw. Atome, die bei einer genaueren Rechnung in Betracht kämen, ist nichts Näheres bekannt. Auch legt die Tatsache, daß die Abstände der Beugungsringe von Zentrum und voneinander — falls überhaupt mehrere Ringe auftreten — nicht mit den von der Beugungstheorie verlangten in Einklang stehen, die Vermutung nahe, daß wir es hier wohl mit einer komplizierteren Beugungserscheinung zu tun haben. Vielleicht sind es mehrere in ihrer Wellenlänge wesentlich voneinander verschiedene Spektrallinien der Eigenstrahlung der Antikathode, die durch geeignete Überlagerung ihrer Beugungsmaxima den anomalen Abstand der Ringe hervorbringen. Ich hoffe durch Messung der Absorptionskoeffizienten der zu den einzelnen Ringen gehörenden Strahlen und besonders durch Messung des Verlaufs der Absorption in einem nicht selektiv absorbierenden Körper (Aluminium) Aufschluß hierüber zu erhalten.

Folgender Versuch scheint eine Stütze der Auffassung zu sein, daß wir es mit Beugung am Molekül bzw. Atom zu tun haben.

Paraffin, bei dem sich ein charakteristisches Beugungsbild ergab, wurde während der Exposition in einem dünnen Gläschen, das leer keinerlei Beugung zeigte, geschmolzen gehalten. Als Heizvorrichtung diente eine vom elektrischen Strom durchflossene Drahtspirale, die in das Gläschen eingefügt war, ohne jedoch von den Primärstrahlen getroffen zu werden. Das Resultat war zwar nicht ein deutlich wahrnehmbarer Ring. Jedoch ergab eine Photometrierung des radialen Schwärzungsverlaufes bei beiden Platten den gleichen allgemeinen Abfall nur mit dem Unterschiede, daß beim festen Paraffin an der Stelle, wo das Auge den Ring wahrnahm, ein Inflexionspunkt in der Kurve lag. Die Kurven, die mit dem Kochschen selbstregistrierenden Mikrophotometer aufgenommen wurden, werden später in einer ausführlicheren Mitteilung der Versuche an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Von sehr wesentlicher Bedeutung scheint mir folgender Unterschied zwischen den Interferenz-

1) Die Originalaufnahmen geben naturgemäß viel mehr Einzelheiten als die Reproduktionen.

erscheinungen an Kristallen und den hier beschriebenen zu sein.

Versuche, die ich im vergangenen Sommer an Kristallen angestellt habe, und die unter anderen demnächst zur Veröffentlichung gelangen werden, hatten gezeigt, daß das Material der Antikathode und demnach die spektrale Zusammensetzung der Primärstrahlen ohne Einfluß auf die Lage der Interferenzmaxima sowie auf die Härte der interferierenden Strahlen war. Bei den Kristallen scheint die Wellenlänge der interferierenden Strahlen durch die Gitterkonstante des Kristalles bestimmt zu sein. Bei den hier untersuchten Körpern ist nun ein großer Einfluß der Zusammensetzung der Primärstrahlen auf die Erscheinung vorhanden. Mit einer Eisenantikathode ergab sich ein völlig anderes Beugungsbild als mit einer Antikathode, die aus einem platinplattierten Nickelblech bestand. Während bei der letzteren das in Fig. 1 reproduzierte Bild erhalten wurde, fehlten bei gleicher Exposition und unter sonst gleichen Bedingungen die Ringe mit dem großen Radius, dagegen war ein auf dieser nicht vorhandener Ring mit kleinerem Radius deutlich sichtbar. Auch bei ein und derselben Röhre variierte die Schärfe der Ringe sowie ihr gegenseitiges Intensitätsverhältnis je nach dem Alter der Röhre, was bei Kristallen niemals der Fall war.

Ich will an dieser Stelle noch auf eine andere Erklärungsmöglichkeit der hier beschriebenen Beugungserscheinung hinweisen, die ebenfalls in Erwägung zu ziehen ist.

Man kann sich die untersuchten Körper aufgebaut denken aus vielen Kriställchen, die ungeordnet alle möglichen Richtungen zu den Primärstrahlen haben; eventuell den Molekülen selbst, die bei den meisten in Betracht kommenden Substanzen wohl sehr groß sind, gitterartige Struktur beilegen. Die dann nach Wahrscheinlichkeitsgesetzen verteilten Interferenzflecken der einzelnen Kristallindividuen könnten solche Häufungsstellen mit Rotationssymmetrie zeigen. Jedoch müßte dann nach den bisherigen Erfahrungen die Erscheinung unabhängig sein vom Antikathodenmaterial, was nicht der Fall ist.

Eine Erscheinung möchte ich hier nicht unerwähnt lassen, für die ich noch keine genügende Erklärung habe, die aber von großem Interesse ist. Es zeigte sich, daß das Beugungsbild durch rein mechanische Veränderungen des beugenden Körpers beeinflußt wird. Dieser Einfluß wurde zufällig an einem Stück Wachs entdeckt, das, wie sich später zeigte, beim Formen einen einseitigen Druck erfahren hatte. In dem mit diesem erhaltenen Beugungsbilde fehlte die Intensität in zwei gegenüberliegenden Stellen fast vollkommen, von den Ringen waren nur die beiden gegenüberliegenden Quadranten sichtbar. Ich dachte zunächst an eine Polarisation der Primärstrahlen, weil die Lage der Intensitätsmaxima mit der nach der Impulstheorie zu erwartenden übereinstimmte. Jedoch blieb die Lage der Maxima beim Drehen der Röhre und somit der Polarisationsebene um 90° unverändert. Dagegen wanderten die Maxima mit beim Drehen des Wachses um die Richtung der Primärstrahlen. Ein Stück Wachs, das in einem Schraubstock kräftig einseitig zusammengepreßt war, zeigte dann, daß dieser Effekt in der Tat durch die von der Deformation herrührende Inhomogenität hervorgebracht war. Die Auslöschung der Ringe erfolgt senkrecht zur Druckrichtung.

Zum Schluß möchte ich zugleich im Namen von Herrn Prof. A. Sommerfeld, in dessen Institut diese Untersuchung ausgeführt wurde, der Firma Reiniger, Gebbert & Schall auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen für die liebenswürdige Überlassung eines „Idealapparats" zum Betrieb der Röhren, der sich trefflich bewährte.

München, Institut für theoretische Physik der Universität.

(Eingegangen 10. März 1913.)

Zur Diskussion des Verhaltens der Röntgenstrahlen in Kristallen.

Von J. Stark.

Vor einiger Zeit habe ich in dieser Zeitschrift[1]) Bemerkungen veröffentlicht, in denen für die von W. Friedrich, P. Knipping und M. Laue[2]) beobachteten und als Beugung gedeuteten Erscheinungen beim Durchgang von Röntgenstrahlen durch Kristalle eine von Laues Beugungstheorie abweichende Erklärung angeregt war, da mir an dieser die Folgerung zweifelhaft erschien, daß die in verschiedenen Winkelabständen von dem primären Bündel auftretenden gebeugten Bündel verschiedenen Wellenlängen der Röntgenstrahlung der Antikathode entsprechen. Durch die Beobachtungen von W. L. Bragg[3]) und Ch. G. Barkla und G. H. Martyn[4]) über die „Reflexion" von Röntgenstrahlen in Kristallen wird nachstehende Modifikation des von mir gegebenen Erklärungsversuchs nahegelegt.

Die zwei Grundgedanken des von mir vorgeschlagenen Erklärungsversuchs sind folgende: 1. In Kristallen werden elektromagnetisch emp-

1) J. Stark, diese Zeitschr. **13**, 973, 1912.
2) W. Friedrich, P. Knipping und M. Laue, Münch. Ber. 1912, S. 303.
3) W. L. Bragg, Nat. **90**, 410, 1912.
4) Ch. G. Barkla u. G. H. Martyn, Nat. **90**, 435. 1912.

förmige Teilchen — hierzu ist auch die Röntgenstrahlenergie zu rechnen — längs ausgezeichneten Achsen viel größere Schichtdicken zu durchdringen vermögen als in amorphen Körpern; 2. es wird in einem Kristall nicht bloß die Absorption, sondern auch die Zerstreuung von Strahlen selektiv in verschiedenen Achsen erfolgen.

In meiner ersten Mitteilung habe ich die selektive Absorption der Röntgenstrahlen in Kristallen in den Vordergrund gestellt. Nach den erwähnten Beobachtungen über die Reflexion von Röntgenstrahlen ist das Primäre die geordnete selektive Zerstreuung[1]). Und zwar scheint es jedenfalls für das erste ausreichend zu sein, mit W. L. Bragg anzunehmen, daß die Röntgenstrahlen im Inneren von Kristallen in der Weise selektiv zerstreut werden, daß an den in ausgezeichneten Ebenen liegenden Kristallatomen eine Art spiegelnder Reflexion stattfindet; man kann demnach von einer nach ausgezeichneten Ebenen selektiven Zerstreuung von Röntgenstrahlen in Kristallen sprechen. Wie auch bereits W. L. Bragg annimmt, ist zu erwarten, daß die selektive Zerstreuung oder innere Reflexion an solchen Ebenen um so intensiver ist, je dichter in ihnen die Kristallatome zusammengelagert sind; derartige Ebenen in Kristallen, an welchen eine merkbare geordnete, selektive Zerstreuung statthat, seien zerstreuende Kristallebenen genannt.

Aus der vorstehenden Auffassung lassen sich nachstehende Folgerungen ziehen. Die Intensität der Röntgenstrahlen, welche an den aufeinanderfolgenden parallelen zerstreuenden Kristallebenen einer bestimmten Art im Kristallinnern reflektiert werden, ist um so größer, je kleiner der Winkel zwischen dem primären Röntgenstrahlenbündel und der betrachteten Kristallebene ist, je schiefer also die primären Röntgenstrahlen die zerstreuende Kristallebene treffen. Desto kleiner erscheinen nämlich die nicht mit Atomen besetzten Löcher in der Ebene gesehen in der Achse des primären Röntgenstrahlenbündels. Es sind diese Verhältnisse analog der Reflexion gewöhnlicher Lichtstrahlen an einer rauhen Ebene, z. B. an einer Papier- oder Rußfläche; bei großem Einfallswinkel nähert sich nämlich die diffuse Reflexion mehr und mehr der Spiegelung.

Wie es für einen und denselben Kristall zerstreuende Ebenen verschiedener Art (verschiedener Intensität für den gleichen Einfallswinkel) geben wird, so ist auch ein großer Unterschied zwischen verschiedenen Kristallen hinsichtlich der selektiven Zerstreuung der Röntgenstrahlen zu erwarten. Solche Kristalle, deren Atomvolumen sehr klein ist, z. B. Diamant, dürften Ebenen besitzen, in welchen die Atome besonders dicht gelagert sind, welche darum die Röntgenstrahlen auch für kleine Einfallswinkel noch in erheblicher Intensität spiegelnd reflektieren. In der Tat konnten Friedrich, Knipping und Laue bei Diamant im Unterschied von der Zinkblende auch auf der Vorderseite der normal getroffenen Kristallplatte „Interferenzfiguren" beobachten.

Wenn auch im vorstehenden die selektive Zerstreuung der Röntgenstrahlen in den Vordergrund gerückt ist, so dürfte es doch verfrüht sein, die Idee der selektiven Absorption gänzlich aufzugeben. Lagert sich über die selektive Zerstreuung der Röntgenstrahlen eine selektive Absorption, so dürfte das durch Reflexion an einer zerstreuenden Kristallebene entstehende zur Beobachtung außerhalb des Kristalls gelangende Röntgenstrahlbündel dann maximale Intensität besitzen, wenn es in einer Achse minimaler Absorption verläuft; minimale Intensität, wenn es parallel einer Achse maximaler Absorption reflektiert wird.

Interferenz im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist die spiegelnde Reflexion an einer einzelnen zerstreuenden Kristallebene nicht zu nennen. An einer und derselben Kristallebene werden alle Röntgenwellenlängen in derselben Richtung reflektiert. Indes kann eine Interferenz zwischen den an den aufeinanderfolgenden parallelen Kristallebenen reflektierten Strahlenbündeln analog der Newtonschen Interferenz an dünnen Platten sich einstellen. Ist dies der Fall, dann müssen bei Anwendung homogener Röntgenstrahlung für ausgezeichnete Einfallswinkel Maxima und Minima der Intensität der reflektierten Strahlung sich zeigen.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, möchte ich ausdrücklich bemerken, daß die früher gegebenen Darlegungen über die Form der „Interferenzflecke" sich auf die vorstehende Modifikation des von mir gegebenen Erklärungsversuchs übertragen lassen. Ferner bleibt die Folgerung bestehen, daß die Lage der „Interferenzflecke" nicht die Wellenlänge der Röntgenstrahlen berechnen läßt und auch unabhängig von dem Material der Antikathode ist. Die Prüfung dieser Beziehung ist eine Hauptaufgabe des Experiments und einer jeden Theorie[1]).

1) Daß die „gebeugten" Röntgenstrahlenbündel nicht von einer Fluoreszenzstrahlung des Kristalls herrühren, sondern von einer Zerstreuung primärer Strahlen, wird sich durch ihre Untersuchung auf Polarisation nachweisen lassen.

1) Anmerkung bei der Korrektur. In seinen Bemerkungen zu meinem ersten Erklärungsversuch hat Herr G. Wulff (diese Zeitschr. 14, 217, 1913) übersehen, daß ich auch bereits auf die selektive Zerstreuung hinwies. In seinen auf Laues Theorie gegründeten theoretischen Ausführungen wird nicht, wie es Laue versucht hat, be-

wiesen, daß die Theorie genau so viele, nicht mehr und nicht weniger, Interferenzflecke wie die Beobachtung liefert. Auch wird die in physikalischer Hinsicht wichtige Frage offen gelassen, ob es sich um bestimmte einzelne Wellenlängen der Eigenstrahlung des Kristalls oder der Antikathode handelt.

Aachen, Physik. Institut der Technischen Hochschule, 10. März 1913.

(Eingegangen 19. März 1913.)

Das magnetische Spektrum der β-Strahlen des Radioaktiniums und seiner Zerfallsprodukte.

Von O. v. Baeyer, O. Hahn und L. Meitner.

(Mit Tafel XIII.)

1. Herstellung der zu photographierenden Präparate.

In Fortsetzung der Versuche über die magnetischen Spektren der β-Strahlen wurde auch das Aktinium zur Untersuchung herangezogen. Die Hauptschwierigkeit bei diesen Arbeiten lag in dem Umstand, daß hoch konzentrierte Präparate (d. h. nicht durch inaktive Substanz verdünnte), wie sie für die Aufnahme der Spektren unbedingt nötig sind, uns nicht zugänglich waren. Wir mußten daher davon absehen, Aktinium selbst auf photographischem Wege auf β-Strahlen zu prüfen. Gerade dieser Punkt wäre von einem gewissen Interesse gewesen, da außer Mesothorium Aktinium der einzige aktive Körper ist, bei dem bis jetzt keinerlei Strahlen nachgewiesen worden sind.

Die Zerfallsprodukte des Aktiniums lassen sich aber in konzentrierterer Form darstellen, so daß sie für die photographischen Aufnahmen herangezogen werden können. Es sei hier indes gleich bemerkt, daß die β-Strahlen des aktiven Niederschlags allein nicht photographiert wurden; denn die verfügbaren Mengen waren viel zu gering, um bei der kurzen Lebensdauer des aktiven Niederschlags brauchbare Aufnahmen zu erhalten. Es wurde daher ein möglichst reines Radioaktinium hergestellt und dieses zu verschiedenen Zeiten photographisch untersucht. Auf diese Weise erhält man einerseits die β-Strahlen des Radioaktiniums allein und dann in stets wachsendem Betrage die β-Strahlen des Aktinium X und seiner Zerfallsprodukte.

Als Ausgangsmaterial diente ein stark angereichertes Aktiniumpräparat, das wir der Güte von Herrn Prof. Giesel verdanken. Wir möchten nicht verfehlen, ihm auch an dieser Stelle unseren herzlichen Dank dafür auszusprechen.

Um reines Radioaktinium herzustellen, wurde folgendermaßen verfahren. Die Aktiniumlösung wurde mit Ammoniak so lange versetzt, bis sich eine bleibende Trübung bildete, die Lösung aber noch schwach sauer war. Dann wurde in der Kälte Ammoniumthiosulfat tropfenweise zugesetzt und erwärmt. Es entstand noch eine weitere geringe Ausscheidung, die sich allmählich gut absetzte. Man weiß heute, daß Radioaktinium den Reaktionen des Thoriums folgt und daher mit Thiosulfat unter Einhaltung der richtigen Bedingungen quantitativ gefällt wird. Im Filtrat entstand durch erneuten Zusatz von Thiosulfat kein weiterer Niederschlag.

Dieser erste Niederschlag enthielt noch zu viel inaktive Beimengungen und wurde daher nicht verwendet. Im Filtrat (Aktiniumlösung) war auf die angegebene Weise alle mit Thiosulfat fällbare inaktive Substanz entfernt. Nach einigen Wochen wurde das inzwischen in der Aktiniumlösung nachgebildete Radioaktinium erneut mit Thiosulfat dadurch gefällt, daß der kalten Lösung 0,5 mg Zirkonnitrat in sehr großer Verdünnung zugesetzt wurden. Zirkon fällt mit Ammoniumthiosulfat quantitativ aus und nimmt das Radioaktinium mit. Das Radioaktinium ist also nur durch die geringe Zirkonmenge verunreinigt. Um die Spuren des noch anwesenden Aktinium X abzutrennen, wurde der Niederschlag in Salzsäure gelöst, die Lösung nahezu neutralisiert und erneut mit Ammoniumthiosulfat gefällt. Eine Messung des abfiltrierten und ausgewaschenen Niederschlages zeigte, daß das Radioaktinium im radioaktiven Sinn sehr rein war, denn es besaß nur die sehr absorbierbaren, für dasselbe charakteristischen β-Strahlen[1]).

Der Niederschlag wurde erneut in verdünnter Salzsäure gelöst und nach Zusatz von einem Tropfen verdünnter Salpetersäure unter ständigem Kochen elektrolysiert. Als Kathode diente ein Silberdraht von 0,15 mm Dicke, als Anode ein Platindraht. Die Anordnung war dieselbe wie bei den früheren Versuchen[2]).

Es gelang auf diese Weise ein Radioaktiniumpräparat in sehr dünner Schicht zu erhalten, das in seiner Aktivität der Größenordnung nach etwa 0,05 mg Radiumbromid entsprach; d. h. aus der bekannten Beteiligung der β-Strahlen des Radioaktiniums allein an der gesamten β-Strahlung von Radioaktinium im Gleichgewicht mit seinen Zerfallsprodukten konnte berechnet werden, daß die vorhandene Radioaktiniummenge im Gleichgewicht mit Ak-

1) O. Hahn und L. Meitner, diese Zeitschr. **9**, 697—702, 1908.
2) L. Meitner, diese Zeitschr. **12**, 1094—1099, 1911.

tinium X und dem aktiven Niederschlag der oben angegebenen Radiumbromidmenge an Aktivität ungefähr gleich kam.

Aus der Absorbierbarkeit der β-Strahlen konnte man schließen, daß das Präparat anfänglich höchstens 2 Proz. der Gleichgewichtsmenge Aktinium X enthielt.

2. Aufnahme der magnetischen Spektren.

Mit diesem Präparat wurde unmittelbar nach seiner Herstellung eine photographische Aufnahme im Magnetfeld begonnen.

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie in den früheren Arbeiten.

Wegen der verhältnismäßig geringen Aktivität des Präparates wurde 9 Stunden exponiert. Während dieser Zeit wird natürlich eine gewisse Menge Aktinium X nachgebildet. Doch beträgt dieselbe selbst nach Beendigung des Versuches erst 3 Proz., so daß im Mittel während der Dauer der Exposition unter Berücksichtigung der ursprünglich vorhandenen Menge sicher nicht mehr als 3,5 Proz. Aktinium X + Zerfallsprodukten wirksam waren.

Die erhaltene Aufnahme (Fig. 1)[1] zeigt 7 β-Strahlengruppen, deren Geschwindigkeit sich durch Ausmessen der photographischen Platte wie folgt ergab:

Geschwindigkeit (5 Lichtgeschwindigkeit = 1)

$\beta = 0{,}73$
$= 0{,}67$
$= 0{,}60$
$= 0{,}53$
$= 0{,}49$
$= 0{,}43$
$= 0{,}38$

Die Schärfe der verschiedenen β-Strahlstreifen war nicht gleich, so war z. B. der Streifen, den der β-Strahl 0,73 erzeugte, sehr undeutlich, so daß sich seine Lage nicht genau bestimmen ließ. Die nächstfolgenden 4 β-Streifen waren dagegen recht gut definiert. Die letzten 2 von den langsamen β-Strahlen herrührenden Streifen waren wieder ziemlich verwaschen; dies hat wohl seinen Grund darin, daß die aktive Schicht doch noch so dick war, daß diese langsamen β-Strahlen in ihrer Geschwindigkeit merkbar beeinflußt wurden und dadurch die aus verschiedener Tiefe der Schicht stammenden β-Strahlen verschiedene Geschwindigkeit besaßen. Infolgedessen weichen auch die an verschiedenen Präparaten gewonnenen Werte innerhalb geringer Grenzen voneinander ab.

Außer den erwähnten β-Strahlen zeigte sich noch eine Andeutung schnellerer β-Strahlen von etwa 90 Proz. Lichtgeschwindigkeit; diese β-Strahlen gehören aber zweifellos zu dem Aktinium X und seinen Derivaten.

Mit demselben Präparat wurde nun nach 10 Tagen eine weitere Aufnahme der β-Strahlen gemacht, um die Strahlung des entstandenen Aktinium X zu untersuchen. Ohne weiteres war dies aber nicht auszuführen, da die Aktiniumemanation, die das entstehende Aktinium X entwickelt, eine vollkommene gleichmäßige Schwärzung der Platte hervorrief. Um die Emanation fernzuhalten, wurde der Draht mit einer möglichst dünnen Schellackschicht umkleidet. Wie Vorversuche gezeigt hatten, war Schellack das geeignetste Material für diesen Zweck. Die mit dem so präparierten Draht nach 15stündiger Exposition (Fig. 2) erhaltene Aufnahme zeigt nun ein ganz anderes Bild wie die Aufnahmen mit reinem Radioaktinium.

Die schnellen β-Strahlen, die auf der 1. Aufnahme nur angedeutet waren, treten kräftig hervor und erzeugen ein stark geschwärztes Band, das auf der Seite der schnellen β-Strahlen ein Intensitätsmaximum zeigt; der Lage dieses Maximums entspricht eine Geschwindigkeit von 91 Proz. Lichtgeschwindigkeit. Außerdem treten 3 sehr kräftige und sehr scharf definierte β-Strahlenstreifen auf, denen die Geschwindigkeiten

$= 0{,}74$
$= 0{,}66$
$= 0{,}60$

entsprechen, ferner 2 schwache β-Strahlenstreifen mit den Geschwindigkeiten

$= 0{,}42$
$= 0{,}38.$

Was die Zuordnung der β-Strahlen anbelangt, so kann man aus den Aufnahmen ohne weiteres schließen, daß die schnellen β-Strahlen von 91 Proz. Lichtgeschwindigkeit dem Aktinium X bzw. dem aktiven Niederschlag angehören, eine Tatsache, die ja auch schon aus den elektroskopischen Messungen hervorgeht. Schwieriger ist die Entscheidung bei den folgenden 3 β-Strahlen (= 0,74, 0,66 und 0,60). Denn das mit Radioaktinium aufgenommene Bild zeigt 3 β-Strahlen von ziemlich denselben Geschwindigkeiten. Aus der beträchtlichen Intensität, die diese Streifen auf der zweiten Aufnahme im Vergleich zu den entsprechenden der ersten Aufnahme aufweisen, kann man aber wohl schließen, daß diese Streifen wirklich zu dem Aktinium X und dem aktiven Niederschlag gehören. Außerdem spricht auch für diese Annahme, daß die beiden β-Strahlen des Radioaktiniums (0,53 und 0,49) auf der zweiten Aufnahme nicht zu erkennen sind.

Viel eher erscheint es möglich, daß um-

1) Siehe Tafel XIII.

gekehrt die auf dem Radioaktiniumbild auftretenden 3 β-Strahlen wenigstens teilweise den geringen Mengen von Aktinium *X* bzw. aktivem Niederschlag zuzuschreiben sind. Eine definitive Entscheidung dieser Frage könnte nur mit stärkeren Präparaten erbracht werden, die uns aber vorderhand nicht zugänglich sind.

Die letzten beiden sehr langsamen β-Strahlen, die auf dem zweiten Bild nur schwach angedeutet sind, gehören wohl zum Radioaktinium. Es mag aber bemerkt werden, daß diese Schlüsse aus den Intensitätsverhältnissen keine große Sicherheit zulassen, da ja durch das Überziehen mit Schellack gerade die langsamen β-Strahlen in ihrer Intensität stark geschwächt werden.

3. Nachweis von γ-Strahlen beim Radioaktinium.

Bei einer früheren Untersuchung der β-Strahlen des Radioaktiniums auf elektroskopischem Wege war außer den absorbierbaren β-Strahlen auch noch eine sehr durchdringende Strahlung beobachtet worden, die sich bei den damals eingehaltenen Bedingungen zu 7 Proz. an der Ionisation beteiligte. Ob es sich hierbei um sehr schnelle β-Strahlen oder um verhältnismäßig stark absorbierbare γ-Strahlen handelte, konnte nicht entschieden werden[1]).

Die photographischen Aufnahmen im Magnetfeld bieten nun eine Möglichkeit, diese Frage zu entscheiden.

Ein in der oben beschriebenen Weise auf dünnen Draht elektroskopisch niedergeschlagenes, Aktinium-*X*-freies Radioaktinium wurde in dem bisher angewandten Apparat exponiert, wobei die eine Hälfte der photographischen Platte mit einer 0,1 mm dicken Aluminiumschicht bedeckt war, und dann zwischen die Pole eines sehr starken Elektromagneten gebracht. Die Feldstärke betrug ungefähr 4—5000 Gauß. Das Magnetfeld wurde eingeschaltet, bevor der aktivierte Draht in seine Stellung gebracht war, um zu vermeiden, daß etwa nicht abgelenkte β-Strahlen die Platte vor Beginn des eigentlichen Versuches schwärzen könnten.

Die Expositionsdauer war 6 Stunden.

Das erhaltene Bild (Fig. 3) zeigt auf der unbedeckten Seite der Platte einen scharfen, starken α-Strahlenstreifen und in unmittelbarer Nähe einen sehr schwachen feinen Streifen, der sich ungeschwächt auch über die abgedeckte Plattenhälfte erstreckt. Der α-Strahlenstreifen ist gegen den schwachen Streifen um einen Betrag verschoben, wie er nach der Stärke des Magnetfeldes zu erwarten ist.

1) O. Hahn u. L. Meitner, l. c.

Der schwache Streifen entspricht also einer Strahlung, die im Magnetfeld nicht abgelenkt wird. Denn daß die relative Verschiebung des α-Streifens gegen den sehr schwachen Streifen tatsächlich von der Ablenkung der α-Strahlen herrührt, wurde durch einen besonderen Versuch festgestellt, bei dem auf derselben Platte einmal mit Feld und einmal ohne Feld eine Aufnahme gemacht wurde. Auch der Einwand, daß es sich hierbei um sehr schnelle β-Strahlen handeln könnte, ist wohl kaum zulässig. Denn die in der bereits oben zitierten Arbeit wiedergegebenen Absorptionskurven für die durchdringende Strahlung des Radioaktiniums lassen erkennen, daß diese Strahlung höchstens doppelt so durchdringend ist wie die schnellsten β-Strahlen von *RaC*. Wenn also diese Strahlen β-Strahlen vorstellen würden, müßten sie bei den angewendeten Feldstärken sehr beträchtlich abgelenkt werden. Es ist also wohl der Schluß gerechtfertigt, daß die nicht ablenkbaren Strahlen des Radioaktiniums γ-Strahlen sind.

Es sei noch erwähnt, daß in einer kürzlich erschienenen Notiz[1]) Russell und Chadwick ebenfalls zu dem Resultat kommen, daß die durchdringende Strahlung des Radioaktiniums als γ-Strahlung anzusehen ist.

Zusammenfassung.

1. Herstellung kräftiger Aktiniumpräparate in dünner Schicht auf dünnen Drähten.
2. Aufnahme der magnetischen β-Strahlspektren von Radioaktinium und Aktinium *X* + dem aktiven Niederschlag.
3. Bestimmung der Geschwindigkeit der hier vorkommenden β-Strahlen.
4. Nachweis, daß die schon früher beim Radioaktinium aufgefundenen Strahlen, bei denen die Frage, ob sie schnelle β- oder weiche γ-Strahlen sind, offen gelassen worden war, γ-Strahlen sind.

Die bei den vorstehenden Versuchen verwendete Gaedepumpe wurde aus Mitteln der Jagorstiftung beschafft, wofür wir derselben unseren herzlichen Dank aussprechen.

1) Russell and Chadwick, Nature **90**, 403, 1912.

Berlin, Physikalisches Institut und Chemisches Institut der Universität.

(Eingegangen 10. März 1913.)

Über das Wärmeleitvermögen, die spezifische Wärme und die innere Reibung der Gase.

(Aus dem Physikal.-chem. Institut der Universität Berlin.)

Von A. Eucken.

1. Vor einiger Zeit war die bekannte Beziehung: $k = K c_v \eta$
(k Wärmeleitvermögen, c_v spezifische Wärme bei konstantem Volumen, η innere Reibung, K ein Zahlenfaktor) bei einigen Gasen auf ihr Verhalten bei verschiedenen Temperaturen geprüft worden[1]). Es hatte sich gezeigt, daß bei einigen Gasen die Temperaturabhängigkeit von k und η die gleiche ist, falls c_v angenähert konstant ist, daß also in diesen Fällen K mit der Temperatur nicht (oder nur wenig) veränderlich ist. Gleichzeitig konnte bei Wasserstoff aus einer Divergenz der Temperaturkurven von k und η bereits auf einen beträchtlichen Abfall von c_v bei sinkender Temperatur geschlossen werden. Da dieses Ergebnis nun durch die direkte Messung der Molekularwärme des Wasserstoffs[2]) bestätigt wurde, lag es nahe zu untersuchen, ob auch bei anderen Gasen die Temperaturfunktionen von k und η eine Abnahme der Molekularwärme bei tiefen Temperaturen andeuten. Das Verfahren liefert zwar, wie es scheint, nur qualitative Resultate, da der Faktor K bei einer Änderung von c_v nicht konstant bleibt und diese Veränderlichkeit möglicherweise bei den einzelnen Gasen verschieden ist, trotzdem verdient die Methode wohl Beachtung, denn sie besitzt den Vorzug, noch bei sehr geringen Drucken (und daher tiefen Temperaturen) anwendbar zu sein, wo eine direkte Messung von c_v oder c_p nicht mehr ausführbar ist.

Vom Standpunkt unserer jetzigen theoretischen Kenntnisse ist bei anderen Gasen als Wasserstoff eine merkliche Abnahme von C_v innerhalb eines selbst dieser Methode noch zugänglichen Gebiets von vornherein nicht zu erwarten. Die korrekte Anwendung der Formeln der Energiequantentheorie führt nämlich zu dem Ergebnis, daß der von der Rotationsenergie eines Gasmoleküls herrührende Anteil der Molekularwärme (C_r) für sämtliche Gase eine universelle Funktion des Produktes: Trägheitsmoment des Moleküls $\times$ Temperatur sein muß[3]). Das Trägheitsmoment des Stickstoffs, des nach dem Wasserstoff am schwersten koerziblen zweiatomigen Gases, müßte nun, falls der Bau des N_2-Moleküls dem des H_2-Moleküls analog ist, etwa 20mal größer als das des Wasserstoffs sein, daher sollte die Molekularwärme des Stickstoffs erst bei etwa 14^0 abs. dieselbe Abweichung vom Normalwert zeigen, wie die des Wasserstoffs bei 273^0 (etwa 3 Proz.). Entgegen dieser Erwartung deuten direkte Messungen von c_p[1]) bereits bei 92^0 einen merklichen Abfall der Molekularwärme von N_2 und CO an. Dieses Ergebnis, das durch die in dieser Untersuchung mitgeteilten Beobachtungen durchaus gestützt wird, ist offenbar nur so zu erklären, daß der Abstand der als Massenpunkte gedachten Atome im N_2-Molekül noch erheblich (2—3mal) geringer als im H_2-Molekül ist, wo er nach Einstein etwa $0{,}45 \cdot 10^{-8}$ cm beträgt.

Außer der Temperaturveränderlichkeit von c_v schien es von Interesse, das Verhalten des für die Gastheorie wichtigen Faktors K in seiner Abhängigkeit nicht allein von der Temperatur, sondern auch von den Eigenschaften des Gases (C_v, Molekulargewicht, Atomzahl usw.) zu untersuchen. Das zurzeit vorliegende experimentelle Material ist auffallenderweise noch sehr lückenhaft und, wie es scheint, durch eine Anzahl unrichtiger Messungen (insbesondere der Wärmeleitfähigkeit) entstellt.

In theoretischer Hinsicht wurde kürzlich durch eine sehr sorgfältige und umfassende Berechnung von Chapman[2]) ein erheblicher Fortschritt erzielt, durch die u. a. ganz allgemein nachgewiesen wurde, daß K den Wert 2,5 haben muß, wenn die Moleküle sphärisch symmetrisch sind und nur translatorische Energie besitzen; von der sonstigen Beschaffenheit des Atommodells ist dieser Wert völlig unabhängig. Bekanntlich war man bisher zu dem Werte $K = 2{,}5$ nur auf Grund des Maxwellschen Kraftgesetzes gelangt; da diese Zahl nun bei einigen einatomigen Gasen tatsächlich gefunden wurde, hatte man geglaubt, hierin eine Bestätigung dieses Gesetzes erblicken zu müssen, obgleich der nach dem Maxwellschen Gesetz zu erwartende Temperaturverlauf von η ($\eta \sim T$) mit dem wirklichen nicht übereinstimmt. In Wahrheit beruht der Faktor $K = 2{,}5$ nur auf den allgemeinen Grundlagen der kinetischen Theorie, d. h. auf den klassischen mechanischen Grundgesetzen; seine Bestätigung wäre daher vom Standpunkt der klassischen Theorie unbedingt zu fordern; seine Nichtbestätigung würde diese Theorie etwa ebenso erschüttern, wie es z. B. die tatsächliche Ungültigkeit des Dulong-Petitschen Gesetzes für feste Körper bei tiefen Temperaturen bereits getan hat[3]).

1) Diese Zeitschr. **12**, 1101, 1911.
2) A. Eucken, Berl. Sitzber. **1912**, 141; Scheel u. Heuse, ibid. **1913**, 44.
3) Vgl. A. Einstein und O. Stern, Ann. d. Phys. 1913.

1) Scheel u. Heuse, l. c.
2) Phil. Trans. A **211**, 433, 1912.
3) Die Berechnung, die zu $K = 2{,}5$ führte, war bisher nur mit einigen Vernachlässigungen durchführbar; sollte

2. Die elementare Theorie liefert bekanntlich für den Faktor K den Wert 1. Die Ursache, warum die exakte Theorie für einatomige Gase einen beträchtlich höheren Wert ergibt, besteht offenbar in folgendem: Die Bewegungsgröße wird von sämtlichen Molekülen, sowohl den schnellen, wie den langsamen, gleichmäßig transportiert, z. B. kann ein extrem schnelles Molekül ebensogut mit einem großen, wie mit einem kleinen Betrage der Bewegungsgröße behaftet sein. Anders liegen die Verhältnisse beim Transport translatorischer Energie. Ein in der Richtung des Wärmegefälles fliegendes, besonders schnelles Molekül transportiert gleichzeitig eine besonders hohe Translationsenergie, die langsamen Moleküle befördern dementsprechend eine geringe Translationsenergie. Insgesamt wird daher der Transport der Translationsenergie gegenüber dem der Bewegungsgröße gesteigert, was bei der Berechnung durch einen Faktor $K > 1$ zum Ausdruck kommt.

Ebenso wie die Bewegungsgröße verhält sich die Rotationsenergie. Wir sind berechtigt anzunehmen, daß die Translationsenergie von der Rotationsenergie völlig unabhängig ist (Maxwellsches Verteilungsgesetz), daß z. B. ein Molekül von großer Translationsgeschwindigkeit ebensogut eine große, wie eine kleine Rotationsgeschwindigkeit besitzen kann. Diese Unabhängigkeit sowohl der Bewegungsgröße als auch der Rotationsgeschwindigkeit eines einzelnen Moleküls, dessen Translationsgeschwindigkeit bewirkt, daß hier die elementare Theorie richtig sein muß, somit hat K (K_r) hier den Wert 1. Bezeichnet man somit mit c_t bezw. c_r den der Translations- bezw. Rotationsenergie entsprechenden Anteil der spezifischen Wärme bei konstantem Volumen, so ist allgemein:

$$k = (K_t c_t + K_r c_r)\,\eta = \left(2{,}5\,\frac{c_t}{c_v} + \frac{c_r}{c_v}\right) c_v \eta .$$

Für starre zweiatomige Gase $\left(\frac{c_r}{c_v} = \frac{2}{5}\right)$ folgt somit $K = 1{,}90$, ein Wert, der bei den Versuchen nahezu erreicht, in der Regel etwas überschritten wird (vgl. Tab. 3). Ob diese Abweichung durch Versuchsfehler bedingt ist oder ob eine genauere theoretische Analyse zu einem etwas abweichenden Wert führen wird, bleibe vorläufig dahingestellt. Für starre dreiatomige Moleküle wäre $K = 1{,}75$ zu fordern.

Ähnlich wie die Rotationsenergie ist die Schwingungsenergie nichtstarrer Moleküle zu berücksichtigen; dieselbe wird indessen von der Translationsenergie nicht völlig unabhängig sein. Eine elementare Betrachtung führt zu folgender Vorstellung: Ein zweiatomiges schwingungsfähiges Molekül empfange im Augenblick, wo seine Hauptachse (die Verbindungslinie der Atomzentren) dem Wärmegefälle parallel liegt, einen besonders heftigen zentralen Stoß in Richtung des Wärmegefälles; derselbe bewirkt, daß Translationsenergie und Schwingungsenergie gleichzeitig abnorm hoch werden, in diesem Falle sind daher Translations- und Schwingungsenergie nicht voneinander unabhängig. Liegt dagegen das Molekül senkrecht zum Wärmegefälle, so beeinträchtigt ein besonders heftiger Stoß in Richtung des Wärmegefälles die Schwingungsenergie nicht. Entsprechend den drei Koordinatenachsen sind nun im ganzen drei Hauptlagen möglich: eine parallel, zwei senkrecht zum Wärmegefälle. Im ersteren Falle ist die Schwingungsenergie an die Translationsenergie gekoppelt ($K = 2{,}5$), in den beiden anderen Fällen ist sie, ebenso wie die Rotationsenergie, unabhängig von ihr; K nimmt daher für die Schwingungsenergie (K_s) im Mittel den Wert

$$\frac{2{,}5 + 1 + 1}{3} = 1{,}5 \text{ an.}$$

Diese Betrachtung und der Wert $K_s = 1{,}5$ bleibt auch für höheratomige Moleküle zutreffend, falls die Schwingungen sämtlich auf den Schwerpunkt des Moleküls gerichtet sind. Möglicherweise wird diese Bedingung bei einigen hochatomigen, kompakten Molekülen annähernd erfüllt sein; doch werden bei kompliziert gebauten, namentlich bei langgestreckten Molekülen erhebliche Abweichungen zu erwarten sein. Offenbar wird in derartigen Fällen nur ein kleiner Teil der Schwingungen auf den Schwerpunkt gerichtet sein, hier muß daher die Schwingungsenergie eines einzelnen Moleküls von seiner Translationsenergie nahezu unabhängig sein, d. h. K_s muß dem Werte 1 zustreben. Eine exakte Berechnung von K_s dürfte daher nur möglich sein, wenn der Bau des betreffenden Moleküls, die Lage der einzelnen Schwingungen sowie ihr Anteil an der Gesamtenergie genau bekannt sind.

Das voranstehende Schema zur Berechnung von K_r und K_s beruht, ebenso wie die von $K_t = 2{,}5$ auf der Annahme, daß die gewöhnlichen mechanischen Stoßgesetze bei der Wechselwirkung der Gasmoleküle gelten. Sobald diese Gesetze indessen ihre Gültigkeit verlieren, müssen Abweichungen von den berechneten Werten für K auftreten. Von vornherein sind derartige Abweichungen am ehesten bei der Schwingungsenergie zu erwarten, da ihre Eigenschaften sich auch sonst (z. B. gegenüber der Temperatur usw.) am meisten von den von der klassischen Theorie

sich daher der Absolutwert 2,5 nachträglich noch etwas ändern (was wenig wahrscheinlich ist), so müßte der neue Wert nach der klassischen Theorie doch unbedingt 1. für alle einatomigen Gase universell, 2. von der Temperatur unabhängig sein.

verlangten entfernen. In zweiter Linie wären bei der Rotationsenergie, zuletzt bei der Translationsenergie Abweichungen vorauszusehen. Ob und wieweit derartige Abweichungen tatsächlich eintreten, wird im Abschnitt 6 näher beschrieben werden.

3. Das im folgenden benutzte experimentelle Material beruht, soweit es nicht bereits veröffentlicht ist, auf Versuchen vom Verfasser (Wärmeleitfähigkeit bei tiefen Temperaturen), von Herrn cand. Hans Vogel (Innere Reibung bei tiefen Temperaturen) und Herrn cand. E. Moser (Wärmeleitung bei höheren Temperaturen); die von den letztgenannten Herren angestellten Messungen werden in nächster Zeit a. a. O. ausführlich mitgeteilt werden.

Die Messung der Wärmeleitfähigkeit bei tiefen Temperaturen erfolgte mittels eines Apparates, der dem bereits früher beschriebenen nachgebildet war. Anstatt eines massiven Kupferblocks, dessen Wärmekapazität bei tiefen Temperaturen zu gering ist, wurde ein mit Blei ausgegossener Kupferzylinder benutzt. Ferner wurde, um bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs keinen zu geringen Widerstand zu erhalten, ein dünner Platindraht (0,02 mm anstatt 0,05 mm) verwandt. Nachträglich stellte sich leider heraus, daß der neue Platindraht offenbar recht unrein war, so daß er bei tiefen Temperaturen noch einen verhältnismäßig hohen Widerstand behielt und eine Umrechnung auf reines Platin[1]) nicht ohne weiteres angängig erschien. Es war daher eine besondere Temperatureichung des Drahtes durch einen direkten Vergleich mit einem genau untersuchten *Pt*-Thermometer erforderlich; bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs erfolgte die Eichung durch Siedenlassen des Wasserstoffs unter verschiedenen Drucken und durch Berechnung der Temperaturen aus der Dampfdruckkurve des Wasserstoffs (Travers). Es ergab sich, daß die Umrechnung des benutzten Drahtes (x) auf die Normalsorte (n) mit Hilfe einer Formel von der Gestalt:

$$\left(\frac{w}{w_0}\right)_n = \frac{\left(\frac{w}{w_0}\right)_x - \alpha - \beta T}{1 - \alpha - \beta T}$$

möglich war; im vorliegenden Falle betrug

$$\alpha = 0{,}0365$$
$$\beta = 0{,}00003 .$$

Aus dieser Formel ergibt sich durch Differentiation der Zusammenhang des Temperaturkoeffizienten des benutzten Drahtes $\left(\frac{1}{w_0}\frac{dw}{dT}\right)_x$ mit dem der Normalsorte; es berechneten sich auf diese Weise für den Temperaturkoeffizienten die in der Reihe I der folgenden Tabelle angegebenen Werte. Ferner konnte $\left(\frac{1}{w_0}\frac{dw}{dT}\right)_x$ einigen nahe beieinanderliegenden Temperatureichungen direkt entnommen werden (Reihe II). Tatsächlich benutzt wurden die Mittelwerte aus I und II (Reihe III).

Temperaturkoeffizient des Platindrahtes $\times 10^3$

T	I	II	III
21,0°	0,94	0,90	0,92
85°	4,13	4,15	4,14
195°	3,88	—	3,88
273°	3,76	3,74	3,75

Während die Werte bei höheren Temperaturen verhältnismäßig genau sein dürften, ist der Wert bei 21° mit einer schätzungsweise einige Prozente betragenden Unsicherheit behaftet, die in erster Linie wohl von der starken Veränderlichkeit (10 Proz. pro Grad) von $\frac{dw}{dT}$ in diesem Gebiet herrührt.

Die Messungen wurden, wie früher, auf Luft bei 273° bezogen ($k = 0{,}0000566$). Um von etwaigen Änderungen des Apparates unabhängig zu sein, wurde häufig, durchschnittlich nach drei bis vier Messungen, ein Eichversuch mit Luft bei 0° eingeschaltet. Der Relativwert für Luft bei 0° schwankte nur wenig; zwei aufeinanderfolgende Eichungen wiesen nie eine größere Differenz als 0,2 Proz. auf, in der Regel war diese Differenz noch erheblich kleiner.

Die Grenze des Gasdrucks, oberhalb der die Wärmeleitfähigkeit praktisch konstant war, lag bei dem neuen Apparat wegen der geringen Dicke des Drahtes zwei- bis dreimal höher als bei dem früher benutzten (bei 273°: bei Wasserstoff 1 Atm., bei Luft 0,3 Atm.). In zweifelhaften Fällen, z. B. wenn der Dampfdruck der zu messenden Substanz bereits verhältnismäßig gering war (Methan bei 91°), wurde durch besondere Versuche bei verschiedenen Drucken geprüft, ob die Wärmeleitfähigkeit tatsächlich vom Gasdruck unabhängig war.

Jede Messungsreihe bei einer bestimmten Temperatur bestand in der Regel aus fünf bis acht Einzelversuchen. Die Erwärmung betrug 0,5 bis 3°. Die Abweichungen der Einzelversuche untereinander waren stets kleiner als 0,5 Proz.

Die Strahlungskorrektion bei 273° wurde durch einen Versuch im Vakuum zu 0,2 ‰ (bezogen auf die Wärmeleitung der Luft bei 273°) ermittelt.

Die Herstellungsart der verschiedenen Gase war so gewählt, daß man von vornherein ein möglichst reines Gas erhielt. Sämtliche leicht kondensierbaren Gase wurden von etwa beigemengten permanenten Gasen

1) W. Nernst, Ann. d. Phys. **36**, 404, 1911.

(Luft usw.) durch wiederholtes Ausfrieren mit flüssiger Luft und Abpumpen des Gasrestes nach Möglichkeit befreit.

4. Die Ergebnisse der vom Verfasser angestellten Wärmeleitfähigkeitsmessungen sind in den Tabellen 1 und 2 enthalten.

Tabelle 1.

Wärmeleitfähigkeit bei 273,1°, bezogen auf Luft [$k = 566 \cdot 10^{-7}$].

Gas	Art der Herstellung	$k \cdot 10^7 \left[\frac{\text{cal}}{\text{cm grad sec}}\right]$	
He	Aus Monazitsand; durch eine Spirale in flüssigem Wasserstoff geleitet	3365	
H_2	Elektrolytisch; O_2 mit *Pt*-Asbest verbrannt	3980	
CO	Aus Natriumformiat und konz. Schwefelsäure I	542,5	542,5[1]
	II	542,5	
NO	An Quecksilber aus Nitrosylschwefelsäure (konz. Schwefelsäure und Natriumnitrit) entwickelt (Verfahren v. Emich)	554,5	
Cl_2	Aus der Bombe	183,0	
CO_2	Aus der Bombe	336,0	
N_2O	Aus Hydroxylaminsäure und Natriumnitrit	351,5	
H_2S	Aus Eisensulfid und Salzsäure	305,0	304,5
	Aus Kalziumsulfid, Magnesiumchlorid und Wasser	304,0	
SO_2	Aus der Bombe	195,0	
CS_2	Käufl. Präparat (Kahlbaum)	161,5	
NH_3	Aus der Bombe	513,5	
C_2H_2	Aus der Bombe	440	
CH_4	Aus Zinkmethyl (Kahlbaum)	714,5	
C_2H_4	Aus Äthylalkohol und konz. Phosphorsäure	407,0	
C_2H_6	Aus Zinkäthyl (Kahlbaum)	426,0[1]	

Daß der neu ermittelte Wert für CO_2 um etwa 1 Proz. größer ist, als der in der früheren Mitteilung angegebene, dürfte darin begründet sein, daß bei den früheren Messungen mit einer etwas zu großen Strahlungskorrektion gerechnet wurde[2]). Vermutlich ist aus dem gleichen Grunde die damals für das Argon gefundene Zahl etwas (von $388 \cdot 10^{-7}$ auf $390 \cdot 10^{-7}$) zu erhöhen.

Eine Anzahl der in Tabelle 1 angeführten Gase wurde bereits früher, größtenteils von Winkelmann[3]), gemessen; die Übereinstimmung mit den Zahlen Winkelmanns ist in der Regel schlecht, was wohl in erster Linie durch die Unvollkommenheit der damaligen Methode zu erklären ist (für Luft wurde gleichfalls bei den älteren Messungen ein falscher Wert gefunden). Verhältnismäßig gut ist die Übereinstimmung mit einigen von Stefan und J. Plank[4]) gemessenen Werten. Das Wärmeleitvermögen von *CO* und C_2H_4 wurde kürzlich von W. Krey[1]) bestimmt; die gefundenen Werte sind etwas (3 und $1^1/_2$ Proz.) kleiner als die der Tabelle 1; ein Kontrollwert für Luft wurde bei dieser Untersuchung nicht bestimmt, so daß eine Entscheidung, ob und wieweit die Zahlen Kreys richtig sind, nicht ohne weiteres möglich ist.

1) Durch Messungen Mosers bestätigt.
2) Vermutlich war bei der damaligen Bestimmung dieser Korrektion das Vakuum nicht ausreichend.
3) Pogg. Ann. **156**, 497, 1875.
4) Landolt-Börnstein.

Tabelle 2.

Wärmeleitfähigkeiten bei tiefen Temperaturen.

Gas	$k \cdot 10^7$	T	$k \cdot 10^7$	T
He	1484	81,4	518	20,9
H_2 I	1324	81,6	318	20,7
			323	21,0
II	—	—	325	21,1
CO	402,0	198,4	184,5	91,6
			165,0	82,1
NO	416,0	201,7	—	—
N_2O	271,0	201,3	—	—
NH_3	441,0	237	382,0	215,5
CH_4	494,0	197,5	224,8	91,5
C_2H_4	323,5	235,8	257,2	202,0
C_2H_6	343,2	239,5	272,7	202,7

Die Werte für einige bei tiefen Temperaturen bereits untersuchte Gase (H_2 und *He*) wurden befriedigend exakt reproduziert. Die Sicherheit der Angaben von Tabelle 2 ist im allgemeinen nicht geringer als die von Tabelle 1; nur die Werte bei 21° sind wegen der Unsicherheit des Temperaturkoeffizienten des Platindrahtes etwas weniger genau; der hier mögliche Fehler ist aber höchstwahrscheinlich kleiner als 5 Proz.

5. Eine Zusammenstellung sämtlicher Werte von k, η und c_v bei 273,1°, sowie die für K sich ergebenden Werte sind in Tabelle 3 enthalten.

Die Werte für η wurden großenteils von H. Vogel neu, zum Teil zum ersten Male bestimmt; mit Ausnahme des Wertes für H_2S, der von Graham herrührt, beruhen sämtliche Daten von η auf neueren Messungen. Wegen der eingehenden Diskussion der Ergebnisse für η sei auf die Veröffentlichung von Vogel hingewiesen. Es sei hier nur bemerkt, daß der von K. Schmitt[2]) für Luft bei 273° angegebene und vom Verfasser früher benutzte Wert vermutlich etwas (ca. um 0,7 Proz.) zu hoch ist. Den (Relativ-)Messungen Vogels wurde $\eta = 1724 \cdot 10^{-7}$ als wahrscheinlichster Wert zugrunde gelegt. Die Genauigkeit der Daten für η ist schätzungsweise ebenso groß, wie die der Daten für k, d. h. der relative Fehler ist von der Größenordnung einiger Promille, der absolute Fehler, der von der Sicherheit des Bezugswertes abhängt, ist auf etwa 0,5 Proz. einzuschätzen.

1) Dissertation Halle 1912.
2) Ann. d. Phys. **30**, 393, 1909.

Tabelle 3.

$$K = \frac{k}{\eta\, c_v} \text{ bei } 273{,}1^0.$$

	$k \cdot 10^7$	$\eta \cdot 10^7$	c_v	$K_{beob.}$	$K_{ber.}$
He	3360	1876[2]	0,746[1]	2,40	2,50
Ar	390	2102	0,0745	2,49	
H_2	3970	850[1]	2,38	1,965	1,93
N_2	566	1676[2]	0,177	1,905	1,90
O_2	570	1922[2]	0,155	1,913	
CO	542,5	1672	0,177	1,835	
NO	555	1794[1]	0,1655	1,870	
Cl_2	182,9	1237	0,082	1,803	1,84
SO_2	195,0	1183[1]	(0,103)	(1,601)	1,677—1,726
CO_2	337,0	1380[1]	0,1500	1,628	f(1,57 für $K_s = 0$)
N_2O	351,5	1362[1]	0,1575	1,640	1,645—1,715
CS_2	161,5	924	(0,11)	(1,59)	1,436—1,581
H_2S	304,5	(1184)	0,180	(1,435)	1,73—1,745
H_2O[3]	(429)	1006[1]	0,342	(1,25)	f(1,70 für $K_s = 0$)
C_2H_2	440	943[1]	(0,295)	(1,58)	1,58—1,695
NH_3	513,5	926[1]	0,388	1,429	1,57 für $K_s = 0$
CH_4	714,5	1029[1]	0,405	1,715	1,69—1,73
C_2H_4	407	906,6	0,293	1,53	1,54—1,66
C_2H_6	426	855[1]	(0,33)	(1,51)	1,44—1,65

Erheblich ungenauer als k und η sind die meisten Angaben für c_v[5]). Bei den Gasen N_2, O_2, CO, NO wurde vorläufig der gastheoretische Wert eingesetzt, obgleich eine Anzahl sowohl älterer, als auch neuerer Untersuchungen zu etwas (ca. $^1/_2$ Proz.) kleineren Werten geführt hat[6]). Für H_2 wurde $C_v = 4{,}80$ benutzt[7]). Die unsichersten Werte für c_v wurden durch eine Klammer gekennzeichnet.

Die Berechnung von K erfolgte nach dem im Abschnitt 2 angedeuteten Schema. Bei drei- und mehratomigen Gasen wurden die Grenzwerte von K für $K_s = 1$ und $K_s = 1{,}5$ (vereinzelt auch für $K_s = 0$) angegeben.

Bei einer Reihe von Gasen (Ar, H_2, N_2, O_2, NO, Cl_2, N_2O, CS_2, C_2H_2, CH_4, C_2H_4, C_2H_6) liegt der beobachtete Wert von K in befriedigender Nähe des berechneten, bezw. des berechneten Intervalls (Abweichung $\leq$ 2 Proz.).

1) Vogel.

2) Mittelwert aus Messungen Vogels und anderen neueren Messungen.

3) Bei 302° abs.; der k-Wert wurde aus Beobachtungen Mosers bei 319 und 373° extrapoliert.

4) Schwarze, der die Wärmeleitfähigkeit des Heliums als erster bestimmte und K berechnete, benutzte infolge einer unrichtigen Angabe der Dichte des Heliums einen zu kleinen Wert für c_v und erhielt daher einen größeren Wert für K (Ann. d. Phys. 11, 303, 1903).

5) Die eingehende Diskussion der hier benutzten c_v-Werte wird in den Veröffentlichungen von Vogel und Moser enthalten sein.

6) Zum Beispiel führt die direkte Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft, die mit größter Präzision ausführbar ist, zu einem merklich kleineren Wert als 4,96. Falls übrigens C_v bei 90° etwa 5 Proz. kleiner als der Normalwert ist, ist eine Abweichung von $^1/_2$ Proz. bei 273° nicht nur möglich, sondern sogar sehr wahrscheinlich.

7) A. Eucken, Berl. Sitzber. **1912**, 145.

In einigen Fällen treten größere Abweichungen auf (He, CO, CO_2, SO_2). Da hier die berechneten Werte stets größer als die beobachteten sind, gewinnt es den Anschein, als ob irgendeine Hemmung des Wärmeaustauschs aufträte. Zunächst wird man, wie erwähnt, vermuten, der Austausch allein der Schwingungsenergie werde unvollkommen sein; die Abweichungen bei CO_2 und SO_2 ließen sich in der Tat durch eine derartige Annahme erklären, da man für $K_s = 0$ zu einer bereits unterhalb des beobachteten Wertes liegenden Zahl für K gelangt. Beim Kohlenoxyd ist eine derartige Erklärung nicht möglich, insbesondere aber zeigen die Gase H_2S, H_2O und NH_3 eine derartige Abweichung, daß auch die Annahme $K_s = 0$ zu keiner Übereinstimmung führt. Man wird daher zu dem Schluß geleitet, daß hier auch $K_r < 1$, vielleicht sogar $K_t < 2{,}5$ ist, d. h. daß in einigen Fällen bereits in der Nähe der gewöhnlichen Temperatur der Austausch der Rotations- oder der Translationsenergie behindert ist.

Zur Prüfung des Verhaltens hochatomiger Gase mußte eine höhere Temperatur (373°) gewählt werden, da die spezifischen Wärmen dieser Substanz im Gaszustand bei 273° nicht hinreichend sicher bekannt sind. Die in der Tabelle 4

Tabelle 4.

	$k \cdot 10^7$	$\eta \cdot 10^7$	c_v	K	K_s
Benzol	414,4	930,2	0,2985	1,491	1,391
Isopentan.	532,7	885,1	0,4237	1,412	1,332
Äthyläther	527,8	967,1	0,427	1,274	1,164
Chloroform	233,3	1307	0,131	1,362	1,125
Äthylazetat. . . .	386,2	954,6	0,339	1,192	1,053
Azeton	398,5	942,6	0,337	1,255	1,037
Alkohol	498,0	1090	0,355	1,285	1,019

enthaltenen Wärmeleitfähigkeiten rühren von E. Moser, die Reibungskoeffizienten von Rappenecker[1]), die spezifischen Wärmen größtenteils von E. Wiedemann[2]) her. Wie die Überlegungen in Abschnitt 2 es erwarten lassen, liegt K_r zwischen 1 und 1,5, und zwar gewinnt es den Anschein, als ob K_s in der Tat um so größer sei, je kompakter der Bau des Moleküls ist. Ein Fall, bei dem $K_s < 1$ ist, tritt nicht ein. Daß aber dennoch der Austausch der Schwingungsenergie auch bei 373° noch nicht immer vollständig ist, geht daraus hervor, daß K_s zuweilen eine starke Temperaturabhängigkeit zeigt. Von den zur Berechnung geeigneten Beispielen sei hier der Äthyläther angeführt (Tab. 5).

Eine Analyse des Verhaltens von K_s wird in derartigen Fällen durch das Zusammenwirken zweier unbekannter Faktoren (genaue Gestalt des Moleküls und Unvollständigkeit des Wärme-

1) Zeitschr. f. phys. Chem. **72**, 695, 1910.

2) Wied. Ann. **2**, 195, 1877.

Tabelle 5.
Äthyläther.

Temperatur (Celsius)	$k \cdot 10^7$	$\eta \cdot 10^7$	c_v	K	K_ε
0°	310,1	686,5	0,364[1]	1,237	1,09
46°	399,1	816,0	0,392	1,247	1,116
100°	527,8	967,1	0,427	1,274	1,164
184,0°	759,8	1166	0,479	1,361	1,281
215,5°	840,0	1234	0,497	1,368	1,291

austauschs) offenbar sehr erschwert, wenn nicht sogar völlig in Frage gestellt. Vielleicht gelingt es, durch Ermittelung von k, η und c_v bei recht hohen Temperaturen zu einem von der Temperatur unabhängigen Grenzwert für K_ε zu gelangen, der dann einem vollständigen Wärmeaustausch entsprechen würde. Beim Äther scheinen bereits Anzeichen für das Vorhandensein eines derartigen Grenzwertes vorzuliegen, wobei allerdings zu beachten ist, daß relativ kleine Fehler der zugrunde liegenden Beobachtungsdaten das richtige Ergebnis für K_ε beträchtlich entstellen können; relativ unsicher sind hier insbesondere die Werte für c_v[3]). Bei Chloroform gelangt man unter Benutzung der von E. Wiedemann gemessenen Werte für c_v (ohne Berücksichtigung des vermutlich zu tief liegenden Wertes von Thibaut) zu einem zwischen 273 und 457° annähernd konstanten Wert für K.

6. Die Temperaturabhängigkeit von k, η, c_v und K bei tiefen Temperaturen wird zusammenfassend in Tabelle 6 wiedergegeben. Die Angaben für k sind teils den Tabellen 1 und 2, teils der früheren Mitteilung entnommen. Die Werte für $\frac{\eta_T}{\eta_0}$ rühren größtenteils von Vogel, der Rest von früheren Messungen her[1]). Die Übereinstimmung der beiden für N_2 gefundenen Werte (Vogel und Bestelmeyer) ist bemerkenswert; die der Zusammenstellung von K. Schmitt entnommenen Zahlen liegen durchweg etwas höher, als die von Vogel erhaltenen; der Unterschied ist indessen nicht sehr beträchtlich, so daß wohl ohne Bedenken mit dem Mittelwert gerechnet werden kann. Die Beobachtungen von η bei 21° sind ebenso wie die Wärmeleitfähigkeitsmessungen etwas ungenauer als bei höheren Temperaturen, die Unsicherheit rührt in erster Linie von der starken Temperaturveränderlichkeit der Reibung (etwa 5 Proz. pro Grad) in diesem Gebiete her. Indessen liegt kein Grund zu der Annahme vor, daß die Messungen durch einen größeren Fehler (> 5 Proz.) entstellt seien.

Tabelle 6.

	T	$\frac{k_T}{k_0}$	$\frac{\eta_T}{\eta_0}$	$\frac{k_T \eta_0}{k_0 \eta_T} = \frac{K_T c_{vT}}{K_0 c_{v0}}$	$C_{v\,\text{beob.}}$	$K_{\text{beob.}}$	$K_{\text{ber.}}$	$C_{v\,\text{ber.}}$
He	81,5	0,441	0,468[2]) / 0,481 } 0,474	0,930	2,98	2,23	2,5	—
	21	0,155	0,184[2])	0,843	[2,98]	2,02	2,5	—
Ar	90,6	0,304	0,352	1,034	[2,98]	2,57	2,5	—
H_2	194,6	0,774	0,788[2]) / 0,793 } 0,790	0,980	4,41	2,09	2,01	4,59
	81,5	0,335	0,437[2]) / 0,451 } 0,444	0,754	3,16	2,25	2,50	2,85
	21,0	0,0813	0,107[2])	0,760	2,98	2,37	2,50	2,82
N_2	81,6	0,322	0,333[2]) / 0,332 } 0,333	0,965	4,60	1,98	2,00	4,56
O_2	194,6	0,745	0,754	0,988	4,82	1,94	1,923	4,87
	81,6	0,302	0,335[2])	0,900	4,90 (?)	(1,74)	2,10	4,06
CO	194,6	0,730	0,704[2])	0,957	4,90	1,76	(1,97)	(4,36)
	81,6	0,302	0,337[2])	0,896	4,62	1,76	(2,10)	(3,86)
CO_2	194,6	0,656	0,745[2])	0,88	5,70 / [5,96]	1,66 / [1,59]	1,92	4,94
NH_3	215,5	0,764	0,817[2])	0,936	[5,96]	[1,485]	—	—
CH_4	194,6	0,702	0,770[2])	0,912	[5,96]	1,702	1,75	(5,80)
	91,5	0,314	0,340[2])	0,924	[5,96]	1,725	1,75	(5,88)
C_2H_4	200	0,626	0,780	0,803	—	—	—	—
C_2H_6	200	0,631	0,765[2])	0,825	—	—	—	—

Aus der Temperaturabhängigkeit von k und η ergibt sich ohne weiteres die Temperaturabhängigkeit des Produktes Kc_v (5. Reihe). In einer Reihe von Fällen liegen nun für C_v bereits Messungen bei tiefen Temperaturen vor[2]), in verschiedenen anderen Fällen (die betreffenden

1) Extrapoliert.
2) Messungen von Vogel.
3) Bei den c_v-Werten in Tabelle 5 wurden sämtliche bisherigen Beobachtungen (vgl. Landolt-Börnstein, 4. Aufl.) unter Annahme eines geradlinigen Temperaturverlaufs benutzt; die Benutzung allein der Ergebnisse Wiedemanns würde K weniger von der Temperatur abhängig erscheinen lassen.

1) Literatur diese Zeitschr. 13, 1005, 1912.
2) Scheel u. Heuse, l. c.; Eucken, l. c.

Zahlen sind eingeklammert) konnte mit großer Wahrscheinlichkeit ein bestimmter Wert für C_v angenommen werden, so daß K hier direkt angebbar ist (7. Reihe). Unter Annahme eines vollständigen Wärmeaustausches konnte ferner nach dem Schema im Abschnitt 2 das Produkt Kc_v zerlegt werden (8. und 9. Reihe).

Es zeigt sich, daß das Produkt Kc_v bei sinkender Temperatur mit Ausnahme eines Falles stets abnimmt; ob und wieweit diese Abnahme durch eine Abnahme von K (Unvollständigwerden des Wärmeaustauschs) oder von c_v bedingt ist, geht aus der Prüfung der einzelnen Gase hervor.

Helium. Wegen der Gültigkeit des Gasgesetzes bis zu den tiefsten Temperaturen muß C_v seinen Normalwert beibehalten, die direkte Messung (Scheel und Heuse) bei 92° lieferte gleichfalls sehr nahe den Normalwert. Daraus ergibt sich, daß K erheblich unter den Wert 2,5 sinkt. Die Abweichung der Größe K von dem Normalwert ist bereits bei 0° deutlich vorhanden, bei tiefen Temperaturen wird sie so beträchtlich, daß sie durch Versuchsfehler schwerlich erklärbar ist. Es bleibt daher nichts als die Annahme übrig, daß hier auch der Austausch der translatorischen Energie behindert ist, daß also hier offenbar eine Abweichung der Molekularmechanik von der gewöhnlichen Mechanik auftritt. Das Heliumatom nimmt nun eine gewisse Sonderstellung unter den Gasen auch in bezug auf verschiedene andere Eigenschaften ein (besonders starke Abweichung von der Sutherlandschen Formel, besonders kleiner Radius des metallisch leitenden Kernes [vgl. Tabelle 7, Reihe 6]), deren Zusammenhang mit dem abnormen Wert von K nicht unwahrscheinlich ist[1]).

Argon verhält sich normal, die Abweichung des Wertes von K vom Normalwert ist möglicherweise noch durch Versuchsfehler erklärbar; für Gase von sonst ähnlichen Eigenschaften (O_2, N_2 usw.) wird man daher ohne Bedenken K_t = konst. = 2,5 setzen dürfen.

Bei Wasserstoff ist qualitativ eine Übereinstimmung zwischen den berechneten und gemessenen C_v- bezw. K-Werten vorhanden; bei den tiefsten Temperaturen erreicht K nahe den Wert wie bei einatomigen Gasen. Auffallend ist die verhältnismäßig große Abweichung bei 81,5°, die schwerlich noch durch Versuchsfehler erklärlich ist. Bei 21° liegt die Abweichung zwar vielleicht noch innerhalb der möglichen Versuchsfehler, doch ist es wohl wahrscheinlicher anzunehmen, daß hier, wenn auch in geringerem Maße, eine ähnliche Erscheinung wie beim Helium auftritt, d. h. daß der Wert 2,5 nicht vollständig erreicht wird.

Bei Stickstoff ist auch in quantitativer Beziehung eine Übereinstimmung zwischen berechneten und beobachteten Werten vorhanden; die Tatsache, daß ein Abfall der Molekularwärme bei tiefen Temperaturen vorhanden ist, steht hiernach wohl nahezu außer Zweifel.

Beim Sauerstoff fanden Scheel und Heuse zunächst (bis 195°) einen Abfall, später wieder einen Anstieg der Molekularwärme[1]), im ganzen bis 92° nur einen sehr geringen Abfall. Aus der Temperaturveränderlichkeit von k und η würde unter Annahme eines vollständigen Energieaustauschs auf eine sehr beträchtliche Abnahme von C_v zu schließen sein (berechneter Wert der Tabelle 6). Rechnet man mit der Möglichkeit, daß der Austausch der Rotationsenergie bei tiefen Temperaturen unvollständig wird, so wäre der in der Tabelle angegebene Wert zu erhöhen; indessen kann die Unvollständigkeit des Austauschs nicht so beträchtlich wie beim Kohlenoxyd sein, da beim Sauerstoff K bei 273° sogar noch etwas über dem Normalwert liegt. Es ist daher entgegen den Angaben Scheel und Heuses ein merklicher Abfall der Molekularwärme, der vermutlich noch etwas stärker ist als beim Stickstoff, als wahrscheinlichstes Ergebnis hinzustellen.

Beim Kohlenoxyd liegt bereits bei 273° der beobachtete Wert von K erheblich unter dem normalen; es ist daher nicht zu erwarten, daß die gewöhnliche Berechnung bei tiefen Temperaturen zu exakten Werten führt. Nimmt man an, K_t sei normal (2,5), so ergibt sich für 273° $K_r = 0{,}84$; dieser Wert wurde den in der Tabelle berechneten (eingeklammerten) Zahlen zugrunde gelegt. Da vermutlich K_r bei tiefen Temperaturen sinkt, kommt diesen Angaben nur die Bedeutung von Grenzwerten zu. Sieht man die (bei 194,6° intrapolierten) Zahlen Scheels und Heuses als richtig an, so ergibt sich für K_s bei 194,6° 0,6, bei 81,6° 0,41.

Vermindert man die Angaben Scheels und Heuses[2]) zur Reduktion auf den idealen Gaszustand um 5 Proz., so erhält man für Kohlensäure bei 194,6° eine bereits unter dem Normalwert liegende Molekularwärme. Die unter Annahme

1) Zum Beispiel liegt folgende Annahme nahe: Da Helium offenbar eine besonders dicke elastische Hülle besitzt (vgl. Tabelle 7), ist hier die Stoßdauer größer als bei anderen Gasen. Die Umkehrung eines von Sommerfeld für die Molekularmechanik aufgestellten Satzes, nach dem die Stoßdauer um so kleiner ist, je größer die Geschwindigkeit (Energie) beim Stoße ist, würde bedeuten, daß der Energieübergang beim Zusammenstoß zweier Heliumatome kleiner sei als bei anderen Gasen.

1) Dieses unwahrscheinliche Ergebnis rührt möglicherweise von der Umrechnung der Beobachtungen auf den idealen Gaszustand her, da die Gültigkeit der benutzten Zustandsgleichung in diesem Gebiete noch nicht direkt erwiesen ist.

2) Tätigkeitsbericht der Physikalisch-technischen Reichsanstalt 1911.

von $K_t = 2{,}5$ und $K_r = 1$ berechnete Molekularwärme würde noch erheblich tiefer liegen; wahrscheinlicher ist es wohl anzunehmen, K_r sei kleiner als 1; eine Entscheidung, ob C_v den Normalwert 5,96 oder einen tieferen annimmt, ist dann allerdings nicht möglich.

Bei Ammoniak führt die Annahme $C_v = 5{,}96$ zu einem ähnlichen Wert für K, wie bei 273°.

Abweichend von den bisher angeführten Gasen verhält sich Methan. Setzt man bei tiefen Temperaturen $C_v = 5{,}96$, so erhält man für K Werte, die dem theoretischen Werte (1,75) sehr nahe liegen. Hier tritt daher offenbar kein Abfall der Molekularwärme ein. Dieses Ergebnis ist überraschend, da man von vornherein dem Methanmolekül ein kleineres Trägheitsmoment als z. B. dem Stickstoff zuzuschreiben geneigt wäre (vgl. Abschn. 1.

7. Benutzt man die neuen Berechnungen Chapmans zur Ermittelung der absoluten Dimensionen der Gasmoleküle, so gelangt man zu bemerkenswerten Ergebnissen, auf die hier kurz hingewiesen werden möge. Nimmt man als Modell für die Gasmoleküle starr elastische Kugeln mit anziehenden Sphären an, wodurch sich die gesamten hier in Frage kommenden Eigenschaften gut wiedergeben lassen, so gelangt man bei Benutzung der üblichen Darstellungsweise für den Reibungskoeffizienten zu der Formel:

$$\eta = 0{,}491\,\bar{c}\varrho\bar{\lambda} = 0{,}491\,\bar{c}\varrho\,\frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n\left(1+\frac{C}{T}\right)}.$$

Von der bisherigen Formel unterscheidet sich die neue durch den Faktor 0,491 (anstatt 0,3097); die Vergrößerung rührt in erster Linie daher, daß beim Zusammenstoß zweier Moleküle im Durchschnitt kein völliger Ausgleich der Eigenschaften stattfindet, sondern daß jedes Molekül einen gewissen, exakt berechenbaren Bruchteil[1]) seiner Eigenschaften während des Zusammenstoßes beibehält, die mittlere freie Weglänge eines Moleküls wird hierdurch scheinbar vergrößert, denn das eine bestimmte Grenzfläche durchfliegende Molekül hat nicht die mittleren Eigenschaften der Gasschicht, in der der letzte Zusammenstoß stattfand, sondern die einer entfernteren Schicht.

Von Bedeutung ist ferner der Nachweis Chapmans, daß die ursprüngliche Sutherlandsche Formel das Verhalten anziehender Sphären mit weitgehender Annäherung exakt wiedergibt, daß dieselbe daher vor der von Reinganum aufgestellten Formel[1]) den Vorzug verdient.

In der Tabelle 7 sind zunächst unter Annahme des Wertes $N = 62 \cdot 10^{22}$ die Molekulardurchmesser σ einiger Gase aus der van der

Tabelle 7.

Absolute Dimensionen.

	$\bar{\lambda} \cdot 10^4$ [2])	C [3])	$\sigma_1 \cdot 10^8$	$\sigma_2 \cdot 10^8$	$\sigma_3 \cdot 10^8$	$N \cdot 10^{-22}$
He	18,07	75,3	[2,29]	1,88	1,168	—
H_2	11,415	75,6	[2,56]	2,362	1,855	—
N_2	6,02	110,6	**3,081**	**3,055**	2,305	**63,5**
O_2	6,38	130,3	**2,895**	**2,935**	2,315	**68,0**
Ar	6,345	162	**2,855**	**2,835**	2,34	**59,5**
CO_2	4,01	268	**3,205**	**3,202**	2,745	**61,0**
C_6H_6	1,526	700	4,455	3,575	4,28	(26,0)

Waalsschen Größe b (aus den kritischen Daten berechnet), 2. aus der obigen Formel Chapmans, 3. aus dem Brechungsindex berechnet. Die Übereinstimmung zwischen σ_1 und σ_2 ist beim Argon, Sauerstoff, Stickstoff und der Kohlensäure auffallend[4]). Sieht man daher N als unbekannt an und berechnet diese Größe aus der Größe b und η, so erhält man Werte, die sehr nahe bei $62 \cdot 10^{22}$ liegen. Die Werte für σ_3 sind erheblich kleiner, was bereits mehrfach hervorgehoben wurde und offenbar dadurch zu erklären ist, daß nur der innere Teil des Moleküls elektrisch leitend ist.

Auf Grund der älteren Theorie berechnete bereits Rappenecker[5]) N aus dem Reibungskoeffizienten und der Raumerfüllung einer Anzahl von Dämpfen; er fand im Mittel $N = 62 \cdot 10^{22}$. Wendet man indessen die neue Formel an, so ändert sich diese Zahl, wie das Beispiel des Benzols zeigt. Daß die Anwendung der exakten Theorie gerade bei relativ einfachen Molekülen zu brauchbaren Werten für N führt, ist offenbar befriedigender, als das Ergebnis Rappeneckers. Da der Berechnung von N aus gaskinetischen Daten die Annahme eines bestimmten Atommodells zugrunde liegt, kann die Sicherheit des so erhaltenen Wertes selbstverständlich nicht mit den nach anderen Methoden erhaltenen Ergebnissen konkurrieren, doch ist die gute Übereinstimmung des berechneten N-Wertes mit den sonst gefundenen umgekehrt für das gewählte Atommodell eine erhebliche Stütze.

Zusammenfassung.

1. Unter Annahme eines vollständigen Energieaustauschs der Moleküle beim Zusammenstoß be-

1) Die Berechnung erfolgt auf Grund der Stoßgesetze mit Hilfe einfacher Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, vgl. insbesondere Jeans, Dynamical Theory of gases, S. 236 (Persistence of Velocities); die Berechnungen von Jeans und Chapman führen beim Diffusionskoeffizienten zu identischen Resultaten; beim Reibungskoeffizienten führt Jeans die Berechnung nicht zu Ende.

1) Diese Zeitschr. **2**, 241, 1901.

2) Unter Normalbedingungen.

3) Nach Chapman.

4) Beim *He* und H_2 sind die der Berechnung von σ_1 zugrunde liegenden Daten unsicher.

5) l. c.

trägt der Faktor K für die Translationsenergie 2,5, für die Rotationsenergie 1, für die Schwingungsenergie liegt er zwischen 1 und 1,5; für die Gesamtenergie ergibt sich daher ein entsprechender Mittelwert.

2. Die Ergebnisse einer Anzahl neuer Wärmeleitfähigkeitsmessungen zwischen 21 und 273° werden mitgeteilt (Tabelle 1 und 2).

3. Die beobachteten Werte für K stimmen in einer Anzahl von Fällen mit den berechneten überein (vollständiger Energieaustausch); von Interesse ist besonders, daß sich K bei Wasserstoff bei sehr tiefen Temperaturen dem für einatomige Gase geltenden Werte 2,5 nähert.

4. In einigen Fällen sind die beobachteten Werte für K erheblich kleiner als die berechneten. Beim Helium ist der Energieaustausch der Translationsenergie, insbesondere bei tiefen Temperaturen, unvollständig; beim Schwefelwasserstoff, Wasserdampf, Ammoniak und Kohlenoxyd ist die Abweichung zwischen dem berechneten und beobachteten Wert für K vermutlich durch die Unvollständigkeit des Austauschs der Rotationsenergie zu erklären.

5. Bei Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenoxyd sprechen die Beobachtungen für die Annahme eines Abfalls der Molekularwärme um etwa 5—10 Proz. zwischen 273 und 80°, beim Methan tritt offenbar kein Abfall ein.

6. Die Berechnung der Avogadroschen Zahl führt auf Grund der Theorie Chapmans bei den Gasen N_2, O_2, Ar, CO_2 im Mittel zu dem Werte $63 \cdot 10^{22}$.

(Eingegangen 11. März 1913.)

Einige Beobachtungen über Wärmeleitung in Kristallen.

Von N. Botez und H. Hertenstein.

1. Im folgenden sollen einige Resultate über die Bestimmung relativer Wärmeleitfähigkeiten in Kristallen nach der Voigtschen Methode[1]) der Zwillingsplatten bekanntgegeben werden. Die Methode besteht, um es kurz zu wiederholen, darin, daß aus einem Kristall parallel der Ebene zweier Hauptleitfähigkeitsachsen λ_I und λ_{II} in beliebiger Orientierung eine rechteckige Platte ausgeschnitten wird und die Achsen des Koordinatensystems parallel diesen Kanten gelegt werden (siehe Fig. 1). Nun halbiert man die Platte durch einen Schnitt parallel zur X-Achse, verwendet die eine Hälfte um 180° gegen die andere und verkittet die beiden Hälften miteinander in der gezeichneten Art (siehe Fig. 2).

1) W. Voigt, Gött. Nachr. 1896, S. 236; Wied. Ann. 60, 350, 1897; Kristallphysik, S. 392—397.

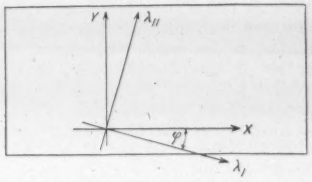


Fig. 1.

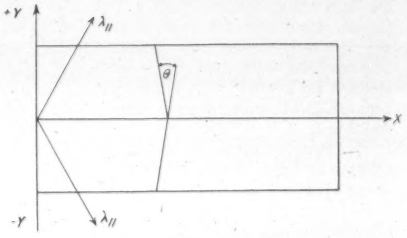


Fig. 2.

Wird nun eine Wärmeströmung erzeugt, die längs des Schnittes keine Komponente nach der Y-Achse besitzt, etwa durch Anlegen einer der Schmalseiten der Zwillingsplatte an einen Körper mit konstanter (oder zur Mitte symmetrischer) Temperatur, so erleiden die Isothermen dieser Strömung in der Mitte einen Knick von der Winkelgröße Θ. Aus diesem und dem Winkel φ (den die Hauptleitfähigkeitsachsen λ_I bzw. λ_{II} mit der X- bzw. Y-Achse bilden) ergibt sich das Verhältnis der Hauptleitfähigkeiten λ_I und λ_{II} durch folgende Formel:

$$\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}} = \operatorname{ctg} \varphi \operatorname{tg}\left(\varphi + \frac{\Theta}{2}\right),$$

Θ ist positiv zu rechnen, wenn bei einem Wärmestrom im Sinne der $+$-X-Achse die gebrochene Isotherme die Spitze voranschiebt, negativ wenn der Wärmestrom im Sinne der $-$-X-Achse die Spitze vorausschiebt.

Wird der Winkel $\varphi = 45°$ gemacht, so vereinfacht sich die Formel, so daß

$$\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}} = \operatorname{tg}\left(45° + \frac{\Theta}{2}\right).$$

Das Sichtbarmachen und die Fixierung der Isothermen geschieht auf folgende Art. Die heiße Kristallplatte wird mit einem Gemisch von Wachs und Elaidinsäure (1 : 1) möglichst dünn und gleichmäßig überzogen und dann rasch abgekühlt (etwa durch Auflegen auf eine kalte Metallplatte). Der Überzug zeigt eine feinkörnige kristallinische Struktur. Daraufhin faßt man die Kristallplatte mit der Schichtseite

nach oben auf einem mit Samt überzogenen Brettchen zwischen Korkbacken und drückt sie rasch an die eine Begrenzungsebene eines heißen amalgamierten Kupferklotzes. Ist die Schmelzisotherme genügend weit fortgeschritten, so unterbricht man die Berührung und läßt die Kristallplatte auf der Samtunterlage langsam erkalten. Die so geschmolzene Masse kristallisiert in relativ großen Kristallen aus. Die Grenze zwischen beiden Bereichen zeigte sich bei dem von Botez ausprobierten Gemisch für eine Vermessung recht geeignet.

Es erwies sich als vorteilhaft, das Wärmegefälle in der Kristallplatte nicht zu niedrig zu halten, m. a. W. die Isotherme nicht zu langsam fortschreiten zu lassen (Geschwindigkeit 3—6 mm pro Sek.), soweit die Natur des Kristalls es erlaubt. Gewisse wasserhaltige Kristalle springen nämlich oft schon bei sehr geringer einseitiger Erwärmung. Die Temperatur des Kupferblechstreifens betrug bei unseren Versuchen ca. 100°. Die Schmelztemperatur des Gemisches ca. 60°.

2. Außer zur Bestimmung von relativen Wärmeleitungskonstanten haben wir die Methode der Schmelzisothermen auch zu einer Prüfung des Gesetzes der Brechung der Isothermen beim Übergang der Wärmeströmung über die Grenze zwischen zwei verschieden orientierten Kristallplatten benutzt, was bisher noch nicht vorgenommen worden ist.

Eine solche Beobachtung empfahl sich besonders auch durch den Umstand, daß einer der zur Verfügung stehenden Aragonitkristalle eine Kombination von zwei verzwillingten Individuen darstellte, die durch eine ganz regelmäßige Ebene getrennt waren und somit normal zur c-Achse orientierte natürliche Zwillingsplatten herzustellen gestattete, deren Teile ohne Kittmasse miteinander verbunden waren. Während nämlich bei den in 1. beschriebenen Beobachtungen mit Wärmeströmungen parallel zur Grenze operiert wurde und hier eine Zwischenschicht keine Störung bedingt, kann eine solche Schicht von geringerer Leitfähigkeit bei Beobachtungen, die auf dem Übergang über die Grenze beruhen, merkliche Fehler hervorbringen[1]).

Ich beginne mit einer kurzen Entwicklung der Theorie des Überganges der Wärme zwischen zwei Kristallplatten.

Beim Übergange einer Wärmeströmung von einem kristallinischen Medium I in ein kristallinisches Medium II (siehe Fig. 3) müssen folgende Bedingungen erfüllt sein, wenn ich $\frac{d\tau}{dz} = 0$ setze und so die XY-Ebene zur Einfallsebene wähle, außerdem die X-Achse in die Grenze zwischen den beiden Platten lege:

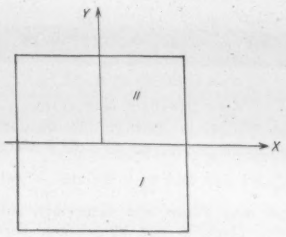


Fig. 3.

$$(w_2)_I = (w_2)_{II} \text{ bzw.}$$

$$\lambda_{21}\left(\frac{d\tau}{dx}\right)_I + \lambda_{22}\left(\frac{d\tau}{dy}\right)_I = \lambda'_{21}\left(\frac{d\tau}{dx}\right) + \lambda'_{22}\left(\frac{d\tau}{dy}\right)_{II} \quad (1)$$

$$\left(\frac{d\tau}{dx}\right)_I = \left(\frac{d\tau}{dx}\right)_{II} \quad (2)$$

berücksichtigt man, daß $\left(\frac{\frac{d\tau}{dx}}{\frac{d\tau}{dy}}\right)_I = \operatorname{tg}(n_I y)$, wo $n_I y$ der Winkel bedeutet, den die Normale auf der Isotherme im Medium I mit der Y-Achse bildet, und daß

$$\text{analog } \left(\frac{\frac{d\tau}{dx}}{\frac{d\tau}{dy}}\right)_{II} = \operatorname{tg}(n_{II} y) \text{ ist,}$$

so erhält man aus Relation (1) und (2) folgende Gleichung

$$(\lambda_{21} - \lambda'_{21}) \operatorname{tg}(n_I y) \operatorname{tg}(n_{II} y) = (\lambda'_{22} \operatorname{tg}(n_I y) - \lambda_{22} \operatorname{tg}(n_{II} y); \quad (3)$$

ferner folgt aus der Orientierung des zur Untersuchung benutzten Kristallpräparats (natürliche Aragonitzwillingsplatte)

$$\lambda_{21} = -\lambda'_{21},$$
$$\lambda_{22} = \lambda'_{22},$$

dies in Verbindung mit der gefundenen Relation (3) ergibt

$$2\lambda_{21} \operatorname{tg}(n_I y) \operatorname{tg}(n_{II} y) = \lambda_{22} (\operatorname{tg}(n_I y) - \operatorname{tg}(n_{II} y)).$$

λ_{21} und λ_{22} stehen mit den Parametern der Hauptleitfähigkeiten λ_I und λ_{II} in folgender Beziehung:

$$\lambda_{21} = -(\lambda_I - \lambda_{II}) \sin\varphi \cos\varphi,$$
$$\lambda_{22} = \lambda_I \sin^2\varphi + \lambda_{II} \cos^2\varphi,$$

wo φ der Winkel bedeutet, den die X-Achse mit der Richtung λ_I bildet.

Durch zweckmäßige Umformung erhält man:

1) S. z. B. Th. M. Focke, Wied. Ann. **67**, 132, 1899.

$$\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}} = 1 - \frac{2c_2}{(2c_1 + c_2 \operatorname{tg}\varphi)\sin 2\varphi},$$

wo

$$c_1 = \operatorname{tg}(n_I y) \cdot \operatorname{tg}(n_{II} y),$$
$$c_2 = \operatorname{tg}(n_I y) - \operatorname{tg}(n_{II} y).$$

Der Winkel φ beträgt für die benutzte Aragonitzwillingsplatte ca. 30°; die Beobachtung der Winkel $n_I y$ und $n_{II} y$ lieferte $\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}} = 0{,}78$, während eine Platte aus demselben Material nach der Methode der künstlichen Zwillingsplatten benutzt (wie ich der folgenden Tabelle vorausnehmen möchte), den Wert 0,82 ergab. Die Übereinstimmung ist infolge der Kleinheit und der recht ungünstigen Form des für die Prüfung verwendeten Präparats nur eine mäßige.

3. Wenden wir uns nun dem Hauptgegenstand dieser Mitteilung zu, so könnte man im voraus nach dem Einfluß einer unsymmetrischen Erwärmung und dem daraus resultierenden Fehler bei der Methode der Zwillingsplatten fragen. Eine kurze rechnerische Überlegung

$$\operatorname{tg}\Theta = \frac{\tau_x'\tau_y - \tau_x\tau_y'}{2(\tau_x\tau_x' + \tau_y\tau_y')},$$

und daher

$$\frac{\delta\Theta}{\cos^2\Theta} = \frac{[(\tau_x'\delta\tau_y + \tau_y\delta\tau_x' - \tau_x\delta\tau_y' - \tau_y'\delta\tau_x)(\tau_x\tau_x' + \tau_y\tau_y') - (\tau_x\delta\tau_x' + \tau_x'\delta\tau_x + \tau_y\delta\tau_y' + \tau_y'\delta\tau_y)(\tau_x'\tau_y - \tau_x\tau_y')]}{2(\tau_x\tau_x' + \tau_y\tau_y')^2}$$

$$\delta\Theta = \frac{\tau_x\delta\tau_y - \tau_y\delta\tau_x}{2(\tau_x^2 + \tau_y^2)} - \frac{\tau_x'\delta\tau_y' - \tau_y'\delta\tau_x'}{2(\tau_x'^2 + \tau_y'^2)}.$$

Nun ist auszugehen von dem Normalzustand, wo $\bar{w}_2 = \bar{w}_2' = 0$, zu dem variierten Zustand, wo $\bar{w}_2 = \bar{w}_2'$ nicht gleich 0 ist; stets ist $\tau_x = \bar{\tau}_x'$ also auch $\delta\tau_x = \delta\bar{\tau}_x'$.

Im Normalzustand ist außerdem noch

$$\tau_y = -\tau_y'.$$

Somit resultiert

$$\delta\Theta = \frac{\tau_x(\delta\tau_y - \delta\tau_y') - \tau_y(\delta\tau_x + \delta\tau_x')}{2(\tau_x^2 + \tau_y^2)}.$$

Die Bedingung $\bar{w}_2 = \bar{w}_2'$ liefert weiter

$$\lambda_{12}\delta\tau_x + \lambda_{22}\delta\tau_y = -\lambda_{12}\delta\tau_x' + \lambda_{22}\delta\tau_y'$$

oder

$$\lambda_{12}(\delta\tau_x + \delta\tau_x') = -\lambda_{22}(\delta\tau_y - \delta\tau_y'),$$

somit, da noch $\delta\tau_x = \delta\tau_x'$,

$$\delta\Theta = -\frac{\delta\tau_x(\lambda_{12}\tau_x + \lambda_{22}\tau_y)}{\lambda_{22}(\tau_x^2 + \tau_y^2)}.$$

Für den Normalzustand ist aber $\bar{w}_2 = 0$,

somit $\delta\Theta = 0$,

d. h. die symmetrische Erwärmung gibt für Θ ein Maximum oder Minimum. Ein kleiner Fehler in der Symmetrie beeinflußt Θ erst um ein Glied 2. Ordnung.

Bei den von uns angewandten Kautelen (Amalgamierung des Kupfers, Samtunterlage für die Kristallplatte) kann es sich wohl nur um sehr kleine Fehler in der Symmetrie bei der Erwärmung handeln; wie schon erwähnt, wird die Ursache der oft beobachteten Ungleichheit des Winkels, den die Isothermen mit der Trennungslinie der beiden Platten einschließen, in dem ungleichmäßigen Wachsüberzug zu suchen sein.

4. In der folgenden Tabelle[1]) sind der Knickungswinkel Θ und die Verhältnisse $\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}}$, $\frac{\lambda_{II}}{\lambda_{III}}$ ev. $\frac{\lambda_{III}}{\lambda_I}$ angegeben. Die einzelnen Werte stellen das Mittel aus einer größeren Anzahl von Bestim-

von Voigt zeigt darin nun folgendes: sind w und w' die Wärmeströmungen in den beiden Platten, so gilt

für die 1. Hälfte

$$w_1 = \lambda_{11}\frac{\partial\tau}{\partial x} + \lambda_{12}\frac{\partial\tau}{\partial y}$$
$$w_2 = \lambda_{12}\frac{\partial\tau}{\partial x} + \lambda_{22}\frac{\partial\tau}{\partial y},$$

für die 2. Hälfte

$$w_1' = \lambda_{11}\frac{\partial\tau'}{\partial x} - \lambda_{12}\frac{\partial\tau'}{\partial y}$$
$$w_2' = -\lambda_{12}\frac{\partial\tau'}{\partial x} + \lambda_{22}\frac{\partial\tau'}{\partial y};$$

dabei gilt in der Grenzlinie

$$\tau = \tau', \quad w_2 = w_2'.$$

Setzt man kurz

$$\frac{\partial\tau}{\partial x} = \tau_x, \ldots, \text{ ferner } (n, y) - (n' y) = \Theta,$$

so ergibt sich

1) Die meisten der folgenden Vermessungen (etwa 20) sind von Botez ausgeführt. Infolge Erkrankung war es ihm nicht mehr möglich, dieselben zu beendigen; ich konnte nur durch Stichproben seine Messungen als sehr zuverlässig bestätigen und die noch übrig bleibenden Kristallpräparate vermessen und die Berechnungen ausführen. (Hertenstein.)

mungen dar. Daß die Abweichungen von diesem Mittelwerte stellenweise so bedeutende sind, rührt einerseits davon her, daß der Wachsüberzug nie ganz gleichmäßig dünn gemacht werden kann und andererseits davon, daß eine Unsicherheit von $+15'$ in der Einstellung mit dem Fadenkreuz (bei der Vermessung) selbst bei sehr scharf ausgeprägten Isothermenwällen nicht vermieden werden kann.

Ein Vorteil dieser Zwillingsplattenmethode gegenüber der Senarmontschen Ellipsenmethode besteht in der geringeren Beeinflussung das Verhältnisses $\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}}$ durch Messungsfehler.

Während bei der im folgenden benutzten Größe des Winkels φ ($= 45^0$) Fehler in der Winkelablesung proportionale Fehler im Verhältnis $\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}}$ hervorrufen, verursacht bei der Ellipsenmethode ein Fehler in der Ablesung der Länge der Ellipsenhalbachse einen quadratischen Fehler in dem Verhältnis $\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}}$, da ja die Halbachsen der Ellipsen mit den Quadratwurzeln aus den ihren Richtungen zugeordneten Leitfähigkeiten proportional sind.

Name des Kristalls	Kristallsystem	Orientierung	Θ	$\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}}$ ev. $\frac{\lambda_{II}}{\lambda_{III}}$, $\frac{\lambda_{III}}{\lambda_I}$
Aragonit	rhombisch	$\#\, ac$	0^0	1
Aragonit	"	$\#\, bc$	$+9^0 54' \pm 30'$	$1{,}190 \pm 0{,}01$
Aragonit	"	$\#\, bc$	$+8^0 44' \pm 1^0 17'$	$1{,}165 \pm 0{,}026$
Natürl. Aragonitzwillingsplatte	"	$\#\, ab$	*) $-10^0 21' \pm 30'$	$0{,}82 \pm 0{,}01$
Topas (IV)	"	$\#\, bc$	$-2^0 57' \pm 33'$	$0{,}950 \pm 0{,}01$
Topas (V)	"	$\#\, ac$	$-3^0 31' \pm 1^0 6'$	$0{,}940 \pm 0{,}019$
Topas (VI)	"	$\#\, ab$	$+3^0 29' \pm 1^0 10'$	$1{,}063 \pm 0{,}02$
Baryt (V)	"	$\#\, ac$	$+8^0 6' \pm 18'$	$1{,}152 \pm 0{,}006$
Baryt (VI)	"	$\#\, ab$	0^0	1
Vesuvian (I)	tetragonal	$\perp$ Hauptachse	0^0	1
Vesuvian (II)	"	$\parallel$ Hauptachse	$-2^0 13' \pm 14'$	$0{,}962 \pm 0{,}004$
Zinnstein	"	"	$-12^0 52' \pm 1^0 13'$	$0{,}797 \pm 0{,}017$
Rutil	"	"	$-28^0 26' \pm 1^0 20'$	$0{,}595 \pm 0{,}016$

*) Dabei ist der Winkel, den die Zwillingsfläche mit der Richtung λ_I bildet, $= 60^0$, dementsprechend wird $\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}} = \operatorname{ctg} 60^0 \operatorname{tg} (60^0 - 5^0 10')$.

Name des Kristalls	Kristallsystem	Orientierung	Θ	$\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}}$ ev. $\frac{\lambda_{II}}{\lambda_{III}}$, $\frac{\lambda_{III}}{\lambda_I}$
Kalkspat (I)	trigonal (rhomboedrisch)	$\parallel$ Hauptachse	$-3^0 36' \pm 1^0 12'$	$0{,}939 \pm 0{,}02$
Kalkspat (II)	" "		$-3^0 23' \pm 20'$	$0{,}942 \pm 0{,}005$
Dolomit	" "		0^0	1
Eisenglanz	" "		$+9^0 55' \pm 1^0 5'$	$1{,}189 \pm 0{,}023$
Quarz	" "		$-30^0 3' \pm 1^0 20'$	$0{,}577 \pm 0{,}015$
Beryll	hexagonal	parallel Hauptachse	$-12^0 10' \pm 52'$	$0{,}807 \pm 0{,}013$
Apatit	"	" "	$-10^0 46' \pm 1^0 8'$	$0{,}839 \pm 0{,}02$
Apatit	"	$\perp$ Hauptachse	0^0	1

Wie aus den Daten hervorgehen mag, konnten wir bei den Kristallen Dolomit und Apatit ebenso wie Voigt[1]) keinen thermischen Rotationseffekt beobachten, wie er sich etwa durch einen Knick in der Isotherme hätte zeigen müssen.

Nach ihrer Bedeutung müssen die drei resp. bei Aragonit und bei Topas erhaltenen Zahlen im Produkt 1 ergeben. Dies findet bei Aragonit ziemlich befriedigend statt (Resultat 0,970), bei Topas weniger; doch sind die bei letzterem Material so wenig von 1 abweichenden Beobachtungen naturgemäß ungenauer.

1) W. Voigt, Gött. Nachr. 1903, S. 87.

In der folgenden Tabelle sind unsere Werte mit denen von Jannetaz[1]) (nach der Isothermenellipsenmethode), Tuchschmidt[2]) (Beobachtung eines zeitlich variablen Wärmezustandes behufs Bestimmung von Absolutwerten) und Jäger[3]) (nach der Zwillingsplattenmethode) zusammengestellt.

Die Tabelle zeigt, daß die bisherigen Bestimmungen der relativen Wärmeleitfähigkeiten

1) E. Jannetaz, Ann. chim. et phys. (4) **29**, 1873; Compt. rend. **95**, 996, 1882; **114**, 1352, 1892.
2) A. Tuchschmidt, Diss. Zürich 1883.
3) F. M. Jäger, Versl. Amsterd. **14**, 779; **15**, 27, 1906; Arch. des Scienc. (4) **22**, 240, 1906.

	Jannetaz	Tuchschmidt	Jäger	Botez u. Hertenstein
Quarz . . .	0,580	0,612	0,571	0,577
Beryll . . .	0,81			0,807
Kalkspat . .	0,835	0,820		0,940
Eisenglanz . .			1,202	1,189
Apatit . . .	0,92		0,74	0,839
Baryt . . .	1,13 ∥ (wahrscheinlich # ac-Ebene) ⊥			1,152
Zinnstein . .	0,624			0,797
Rutil	0,64			0,595

im allgemeinen große Genauigkeit noch nicht ergeben haben. Die Methode der Zwillingsplatten ist theoretisch derjenigen der Isothermenellipsen darin überlegen, daß sie keinerlei Voraussetzungen macht, welche beim Experiment unerfüllt bleiben müßten. Ihre einzige praktische Schwierigkeit liegt in einer Kapillarwirkung an dem Knick der Isothermen, falls der Überzug der Platte nicht dünn genug ausgefallen ist. Daß sie auch in der Hand verschiedener Beobachter übereinstimmende Resultate zu liefern vermag, zeigen die Beobachtungen von Jäger und von uns an Quarz und an Eisenglanz, wo einwandfreies Material vorlag; Apatit ist stets nur in unreinen Kristallen erhältlich und die hier erhaltene Differenz ist sonach nicht entscheidend.

Völlig unverständlich ist die große Differenz, die bez. Kalkspat zwischen den Jannetaz-Tuchschmidtschen Beobachtungen und den unsrigen besteht, zumal letztere an zwei verschiedenen Präparaten vollkommen übereinstimmende Resultate geliefert haben. Daß die bei diesem Mineral vorkommenden isomorphen Beimengungen einen so bedeutenden Einfluß üben sollten, will nicht recht einleuchten. Die Beobachtungen an Zinnstein und Rutil gehören wegen des nicht ganz einwandfreien Materials zu den weniger sicheren.

Göttingen, Physikal. Institut, Januar 1913.

(Eingegangen 17. Februar 1913.)

Messungen über die ultraviolette magnetische Drehung in Gasen.
(Measurements on the ultraviolet magnetic rotation in gases.)

Von J. F. Sirks[1]).

(Mit Tafel XIV.)

1. — Will man eine Vorstellung von dem relativen Werte der verschiedenen Theorien gewinnen, die zur Erklärung der magnetischen Drehung entwickelt worden sind, so kann man Messungen in der Umgebung von Absorptionsbanden und Absorptionslinien im sichtbaren Spektrum anstellen, mit dem Ziele, festzustellen, ob die Drehung zu beiden Seiten der Absorptionsbande dasselbe[1]) Vorzeichen hat, oder entgegengesetzte[2]) Vorzeichen. Bei vollkommen durchsichtigen Substanzen könnte man die Beobachtungen über ein viel weiteres Spektralgebiet ausdehnen und somit feststellen, ob die Versuchsergebnisse, die man im Ultraviolett erhalten hat, wo die Drehungskonstanten viel größer sind, durch die eine Theorie befriedigender dargestellt werden können als durch die andere, und ob vielleicht bei der Annäherung an das ultraviolette Gebiet eine starke Zunahme der Drehung eintritt.

Bei Gasen, und insbesondere beim Wasserstoff, wo sich wegen ihrer einfachen Molekülstruktur die gewöhnliche Brechung des Lichtes gut durch die Annahme einer einzigen Art ultravioletter Elektronen[3]) darstellen läßt, für welche man den Wert von e/m aus der magnetischen Drehung in der von Siertsema[4]) angegebenen Weise erhalten kann, entsteht die Frage, ob uns nicht Messungen im Ultraviolett in den Stand setzen würden, festzustellen, ob dieser Wert von e/m tatsächlich konstant ist, und ob demnach eine solche einfache Annahme für Wasserstoff berechtigt ist. Da die ultraviolette magnetische Drehung bisher nur bei festen und flüssigen Körpern untersucht worden ist[5]), bin ich gern auf die Aufforderung des Herrn Professor Kamerlingh Onnes eingegangen, zu versuchen, die Messungen von Siertsema[6]) auf das ultraviolette Spektralgebiet auszudehnen, und zwar mit derselben Apparatur, die dieser Forscher benutzt hat.

2. — Um beim Gebrauche dieser Apparatur gute Ergebnisse zu erhalten, mußte ich die Absorption der ultravioletten Strahlen verhindern. Infolgedessen wählte ich als Material

1) Vorgelegt in der Sitzung der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam am 30. November 1912 durch Prof. Kamerlingh Onnes.

1) Voigt, Magneto- und Elektrooptik, S. 133. — Drude, Hypothese des Halleffektes, Lehrbuch der Optik, S. 429, 1906.

2) Drude, Hypothese der Molekularströme, Lehrbuch der Optik, S. 419.

3) Abraham, Theorie der Elektrizität II, S. 261, 1908.

4) Siertsema, Amsterd. Proc. **5**, 413.

5) van Schaik, Proefschrift (Diss.), Utrecht, 1882; Joubin, Ann. de Chim. et de Phys. (6) **6**, 78, 1889; Borel, Arch. de Genève **16**, 24, 1903; Landau, diese Zeitschr. **9**, 417, 1908; Darmois, Ann. de Chim. et de Phys. (6) **22**, 247, 495, 1911.

6) Siertsema, Versl. K. Ak. v. Wet., 24. Juni 1893, S. 31; 26. Januar 1895, S. 230; 28. März 1896, S. 294; 24. Dez. 1898, S. 280; 27. Mai 1899, S. 4.

für die Deckplatten, Linsen und Prismen Quarz statt Glas, während ich die Nicols mit Kanadabalsam durch Glansche Prismen mit Luftschicht ersetzte.

Zu Vorversuchen benutzte ich ein mit Äsculinlösung gefülltes fluoreszierendes Okular, doch erwies sich dieses wegen der geringen Intensität des Lichtes als ungeeignet. Als ich einen Spektrographen zur Verfügung hatte, war ich in der Lage, die dunkle Rotationsbande zu photographieren, die bei dem Verfahren von Broch-Wiedemann auftritt, und die Siertsema zu Einstellungszwecken benutzt hatte; im Ultraviolett war die Bande aber zu breit und das Spektrum zu schwach, um eine Bestimmung der Mitte mit dem wünschenswerten Grade von Genauigkeit zu gestatten. Ich entschloß mich deshalb, dem Beispiele Landaus zu folgen und eine Halbschattenmethode anzuwenden.

Bei diesem Verfahren wird das Gesichtsfeld durch einen Halbschatten-Analysator in zwei Hälften geteilt, deren Polarisationsebenen miteinander einen kleinen Winkel von $2\delta^0$ bilden. Wenn man nun eine drehende Substanz in den Strahlengang zwischen den Nicols bringt und die aus dem Analysator austretenden Strahlen in einem Spektroskop auffängt, so werden zwei Spektren übereinander gebildet, in denen die dunkle Rotationsbande nicht dieselbe Lage einnimmt. Wenn der Drehungswinkel für die Lage der Bande in dem einen Spektrum α^0 ist, so befindet sich die Bande in dem andern Spektrum an einer Stelle, wo die Drehung $(\alpha + 2\delta)^0$ beträgt. An einem Punkte, an dem die Drehung $(\alpha + \delta)^0$ beträgt, herrscht für eine besondere Wellenlänge in beiden Spektren dieselbe Intensität. Wenn man den Polarisator dreht, so verschiebt sich die Stelle gleicher Beleuchtungsstärke längs des Spektrums. Benutzt man ein diskontinuierliches Spektrum (Eisenlichtbogen oder Quarzquecksilberlampe von Heraeus), so muß man die gleiche Stärke der beiden Gesichtsfeldhälften für eine bestimmte Linie des Spektrums erreichen. Aus einer Reihe photographischer Aufnahmen für verschiedene Stellungen des Polarisators erhielt Landau die besondere Stellung, in der für eine besondere Wellenlänge gleiche Beleuchtungsstärke herrschte. Dann wurde der Strom umgekehrt und die Reihe photographischer Aufnahmen wiederholt. Ein derartiges Arbeitsverfahren ist langwierig, aber es hat den großen Vorteil, den gesuchten Drehungswinkel unmittelbar aus den Photogrammen ohne Messungen zu ergeben, wie sie zur Bestimmung der Wellenlängen in einem kontinuierlichen Spektrum erforderlich sind.

3. — Um das Verfahren von Landau auf die Untersuchung von Gasen anwenden zu können, mußten an der Apparatur von Siertsema folgende Abänderungen vorgenommen werden:

a) — Das Polarisator-Nicol mußte durch ein Halbschatten-Nicol ersetzt werden, an dem der Spalt befestigt wurde. Wenn das Halbschatten-Nicol als Analysator benutzt wurde, gelangte der Spalt infolge der großen Länge der Hochdruckröhre (etwa 230 cm) zu weit von der Lichtquelle fort, und das Licht war dann zu schwach.

b) — Gleiche Intensitäten mußten durch Veränderung der Stromstärke erzielt werden, da das an dem sich drehenden Ende der Versuchsröhre angebrachte Halbschatten-Nicol in fester Lage erhalten werden mußte.

Es war nun möglich, durch geringe Änderung der Stromstärke bei aufeinanderfolgenden Aufnahmen für verschiedene Linien des Spektrums genau die besondere Stromstärke zu bestimmen, bei der Gleichheit der Intensitäten erhalten wurde. Diese Stromstärken sind den Drehungskonstanten umgekehrt proportional, und die Konstanten lassen sich durch die einer Vergleichslinie als Einheit ausdrücken.

Ich führte einen Vorversuch aus, um zu sehen, ob es nicht möglich wäre, die Nicols außerhalb der Versuchsröhre anzuordnen. Da die Deckplatten aus Quarz mit entgegengesetzt gleichem Drehungsvermögen bestellt waren, wären die Messungen durch Befestigung des Analysators mit einem Teilkreise am Spektroskop vereinfacht worden, denn ich wäre dann in der Lage gewesen, die Drehungen direkt abzulesen. Ich konnte jedoch, wenn die Quarzplatten zwischen den Nicols angeordnet waren, keine vollkommene Auslöschung erlangen, und ich war daher genötigt, zur Bestimmung der Verdetschen Konstante zur Vergleichung mit Wasser zu greifen, für das die Konstanten von Siertsema[1]) und von Landau bestimmt worden sind. Dabei war es von Vorteil, daß zwischen den Nicols nichts als Gas war und somit der Einfluß wiederholter Reflexionen und der magnetischen Drehung in den Quarzplatten ausgeschaltet war.

4. — Fig. 1 gibt eine schematische Darstellung der Apparatur.

L ist eine Quarzquecksilberlampe von Heraeus; *A* ein Kollimator; *C* und *D* sind die Spulen; *FF* ist die Hochdruckröhre; *B* das kleine drehbare Endstück, welches das Halbschatten-Nicol und den Spalt enthält; *E* das große feststehende Endstück, das den Analysator enthält; *G* eine Schraube mit einem

1) Siertsema, Arch. Néerl. (2) **6**, 825, 1901.

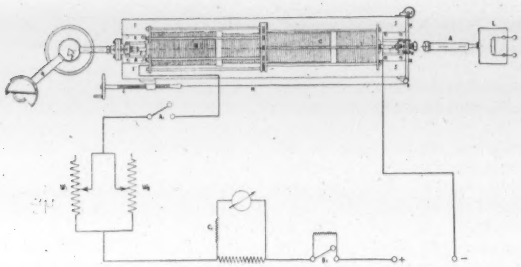


Fig. 1.

Rade, durch welche mittels des Stahldrahts H und des Gewichts I das Endstück B gedreht werden kann; PQ endlich ist der Spektrograph.

Mit den Spulen in Reihe geschaltet sind: der Hauptschlüssel A_1; zwei parallel geschaltete Gleitwiderstände W_I und W_{II}, die bis auf 0,01 Ohm genau anzeigten; ein Manganinwiderstand, durch den ein mit einem Drehspulengalvanometer von Hartmann & Braun (Glockenmodell) in Reihe geschalteter Rheostat kurz geschlossen war; ein Nebenschlüssel B_1, der mit einem Gleitwiderstand parallel geschaltet war, so daß der Strom beim Ausschalten durch diesen letzteren geht, ehe er unterbrochen wird, damit die Intensität des Funkens verringert wird.

Bei den Messungen bewegte sich die Stromstärke zwischen 10 und 40 Ampere; der Strom wurde aus drei parallel geschalteten Sammlerbatterien von 60 Volt entnommen.

Zur absoluten Bestimmung der Verdetschen Konstante wurde die Stromstärke mit einem Amperemeter gemessen, das drei Meßbereiche (0—2 Ampere, 0—20 Ampere, 0—50 Ampere) hatte. Dieses Amperemeter wurde mit dem Potentiometer geeicht, und überdies wurde bei der Aufnahme der Photogramme die Änderung der Stromstärke so gewählt, daß der Zeiger des Instruments mit den Teilstrichen wie bei der Eichung zusammenfiel, so daß die Stromstärke mit Sicherheit auf ein Zehntel Ampere bekannt ist. (Ein Skalenteil = 0,5 Ampere.)

Der Druck wurde an einem Metallmanometer von Schäffer & Budenberg mit einer Kreisskala von 16 cm Durchmesser abgelesen, das in $^1/_4$ kg/cm² bis zu 150 kg/cm² aufwärts zeigte. Der größte Unterschied zwischen zwei unabhängigen Eichungen überschritt nicht 0,1 kg/cm². Wir haben daher angenommen, daß der Druck bis auf 0,1 kg/cm² genau gemessen ist.

Das Manometer war direkt mit der Versuchsröhre gekoppelt und konnte mit dieser zusammen mittels eines Hahnes von der übrigen Apparatur abgeschlossen werden. Die übrige Apparatur bestand aus einem Gaszylinder und einer Luftpumpe (Gaedesche Vakuum-Kapsel-Pumpe). Es war ferner ein Auslaßhahn für das Gas in der Versuchsröhre vorhanden, weil es für die Nicols nicht gut sein würde, wenn sie tagelang hintereinander dem hohen Druck ausgesetzt werden würden.

Zum Schutze gegen eine etwaige Verschiebung der Spulen waren die Hochdruckhähne, die zuvor auf der Grundplatte der Spulen montiert gewesen waren, nunmehr auf einem besonderen Tische angeordnet. Die Temperatur des Gases wurde durch einen Wassermantel zwischen den Spulen und der Versuchsröhre reguliert. (Diese Einzelheiten sind in der hier wiedergegebenen photographischen Aufnahme (Fig. 2)[1]) des Arbeitszimmers leicht zu unterscheiden.)

5. — Über den optischen Teil der Untersuchung möge folgendes bemerkt werden:

Der vor der Quecksilberlampe angeordnete Kollimator enthielt eine einzige Linse aus linksdrehendem Quarz, die eine Brennweite von 36 cm für das gelbe Quecksilberlicht und einen Durchmesser von 3,6 cm hatte. Die Spaltbreite betrug 1 mm, und die Spaltlänge wurde mittels einer Messingplatte auf 2 mm herabgesetzt, um störende Reflexion an der Innenwand der Versuchsröhre zu vermeiden. Später wurde dieser Spalt durch eine kreisrunde Öffnung von 1 mm Durchmesser ersetzt.

Die Quarzdeckplatten waren 11 mm dick, und ihre Durchmesser betrugen 26 bzw. 22 mm.

Das Halbschatten-Nicol (12 × 12 mm² Öffnung) mit Lufttrennung nach Glan hatte einen Halbschattenwinkel von ungefähr 2°. Sie war in einer Messingfassung befestigt, und diese paßte dicht in eine Messingmontur,

1) Fig. 2 und 4 befinden sich auf Tafel XIV.

deren Kanten in eine zylindrische Röhre eingelötet waren. Das Gas hatte durch die Öffnungen freien Zutritt zu den Nicols, so daß jede Möglichkeit einer Verschiebung vermieden wurde. Um die Horizontaleinstellung der Trennungslinie des Halbschattenfeldes zu ermöglichen, war die zylindrische Röhre so angeordnet, daß sie in einem an dem Endstück befestigten Ringe drehbar war. Ein Röhrchen mit einem 11 mm langen und $^1/_2$ mm breiten, zur Trennungslinie senkrechten Spalt war an der Halbschattenhälfte des Nicols befestigt.

Als Analysator diente ein Glansches Nicol von 20×20 mm² Öffnung; dieses war in derselben Weise montiert, so daß es in dem größeren Endstück der Versuchsröhre drehbar war. Die Montierung war mit einer in 180 Teile geteilten Kreisskale versehen, die zur Einstellung der Nicols unter einem bestimmten Winkel zueinander diente. Für die absoluten Messungen wurde die Konstruktion der Nicols etwas abgeändert, da das Wasser in den Luftraum eindrang und die Nicols nicht mehr polarisierten. Es wurde ein $^1/_2$ mm dickes Messingfenster zwischen die Hälften jedes Nicols gekittet und so der Raum zwischen den Nicols auf allen Seiten durch eine Kittschicht gegen das Eindringen von Gas oder Flüssigkeit geschützt.

Als Spektrograph diente ein Spektrometer von der Société Genèvoise mit einem Cornuschen Quarzprisma. Das Fernrohr enthielt eine einzige Quarzlinse von 36 cm Brennweite für gelbes Quecksilberlicht und 3,6 cm Durchmesser. Das Okular wurde durch eine Kamera ersetzt, die in der Werkstatt des Delfter Laboratoriums von dem ersten Mechaniker, Herrn P. van den Akker, gebaut worden war. Die beistehende schematische Zeichnung (Fig. 3) zeigt die Anordnung in halber natürlicher Größe. *B* ist ein am Fernrohrstativ befestigter horizontaler Arm, *C* eine feststehende halbzylindrische Trommel, und *D* ein ähnlicher Halbzylinder. Dieser dreht sich um eine mit der vertikalen Mittellinie der photographischen Platte zusammenfallende Achse. Auf diese Weise ist es möglich, die Platte unter einem Winkel (gewöhnlich 50°) gegen die Achse des Kamerarohres einzustellen. *E* ist ein Schlitten, der den dunklen Schieber ($5{,}2 \times 8{,}4$ cm²) trägt und mittels einer — in der Figur nicht angegebenen — vertikalen Schraube von 1 mm Ganghöhe gehoben werden kann. Die Trommeln waren so geschlitzt, daß nur ein 30 mm langer und 3 mm breiter Streifen der lichtempfindlichen Platte bei jeder einzelnen Exposition belichtet wurde. Das entstehende doppelte Spektrum war ungefähr 15 mm breit und für das Gebiet von 4358 Å.-E. bis 2805 Å.-E 25 mm lang. Auf einer Platte von $4{,}5 \times 6$ cm² (Lumière- und Agfa-Platten, die besonders empfindlich für das äußerste Ultraviolett waren) konnten 19 Photogramme übereinander aufgenommen werden. Die Expositionsdauer bewegte sich zwischen 1 Minute und 18 Minuten. Es wurden Teile des Quecksilberspektrums photographiert, und das Kamerarohr wurde gewöhnlich mit Hilfe des Spektrometerteilkreises so eingestellt, daß die zu photographierende Quecksilberlinie in der Mitte der Platte erschien. Unmittelbar nach der Entwicklung der Platten untersuchte ich, in welchem Photo-

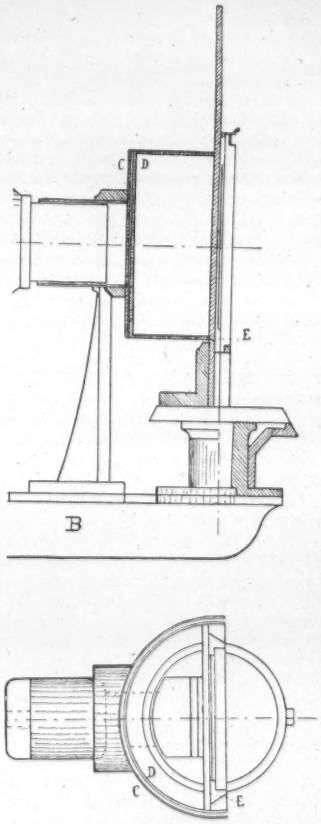


Fig. 3.

gramm die Intensitäten der Hälften für eine bestimmte Linie gleich waren. Das war nur dann richtig zu beobachten, wenn die Beleuchtung des Halbschattenspaltes gleichmäßig war, und aus diesem Grunde mußte die Quecksilberlampe in senkrechter Stellung gebrannt werden.

Der Absorption wegen wurden Aufnahmen gemacht

für Sauerstoff bis zu 2654 Å.-E. einschließlich,
„ Wasserstoff „ „ 2378 „ „ „
„ Kohlensäure „ „ 2482 „ „ „.

Was die Absorption im Ultraviolett durch Sauerstoff betrifft, so fand ich die Angabe[1]), daß Liveing und Dewar in einer 165 cm langen Röhre bei einem Druck von 85 Atmosphären Absorption von 2745 Å.-E. an aufwärts und in einer 18 m langen Röhre bei einem Druck von 80 Atmosphären Absorption von 3360 A.-E. an aufwärts gefunden haben. Bei meinen Versuchen ließ die 230 cm lange Sauerstoffsäule bei einem Druck von 80 kg/cm² die Linie 2805 A.-E. noch gerade durch, aber darüber hinaus nichts, während bei einem Druck von 40 kg/cm² die Grenze der Absorption 2654 A.-E. war.

6. — Ich begann die Messungen der Rotationsdispersion am

Sauerstoff.

Ehe die Versuchsröhre gefüllt und verschlossen wurde, wurden die Nicols unter einem zuvor berechneten Winkel eingestellt. Dann wurde das Kamerarohr durch ein Fernrohr ersetzt, um festzustellen, welche Stromstärke Intensitätsgleichheit für die Gesichtsfeldhälften bei der grünen oder violetten Quecksilberlinie lieferte. Durch eine geringe Drehung der Versuchsröhre wurde für gewöhnlich Intensitätsgleichheit für die blauviolette Linie 4358 Å.-E. bei einer Stromstärke von ungefähr 35 Ampere, einem Gasdruck von 85 kg/cm² und einem Winkel von 92° zwischen den Nicols erreicht. Die für die ultravioletten Linien erforderlichen Stromstärken konnten dann roh durch Extrapolation aus den von Siertsema angegebenen Dispersionsformeln berechnet werden. Wenn I der so berechnete Wert der Stromstärke ist, wurden gewöhnlich Photogramme mit Stromstärken von $(I-2)$ bis zu $(I+2)$ Ampere aufgenommen, und dann wurde eine Reihe sorgfältiger Expositionen mit Änderungen von $^1/_{40}$ bis $^1/_{50}$ I Ampere zwischen den Werten von I vorgenommen, welche durch die ersten Bilder gegeben wurden. Ein Strom von 1 Ampere ergab einen Galvanometerausschlag von 1 cm; mithin konnte bei den benutzten Stromstärken eine Änderung des Galvanometerausschlags um 3—8 mm auf dem Negativ gerade noch durch einen merklichen Unterschied in der Schwärzung wahrgenommen werden.

Da die Originalnegative für eine Reproduktion zu schwach waren, so ziehe ich es vor, eine Zeichnung einer Reihe von 7 Photogrammen eines Teiles des Quecksilberspektrums (4047 bis 2755 Å.-E.) mit Wasserstoff bei 19,5° und 76 Atm. wiederzugeben (siehe Fig. 4)[1]). Intensitätsgleichheit tritt für die Linie 3130 Å.-E. (in der Mitte der Platte) zwischen der vierten und fünften Aufnahme von oben ein. Die Änderung der Stromstärke betrug $^1/_2$ Ampere.

Da die Amperemeterablesungen oder die auf Winkelablenkungen korrigierten Galvanometerausschläge bei konstanter Gasdichte der gesuchten Verdetschen Konstanten umgekehrt proportional sind, kann man aus derartigen Photogrammen die relativen Drehungskonstanten berechnen. Dabei wird die Konstante für die violette Linie 4358 Å.-E. gewöhnlich als Einheit angenommen. Man erhält dann die relative Drehung aus der Gleichung

$$\varrho = \frac{R_\lambda}{R_0} = \frac{I_0}{I_\lambda} = \frac{\alpha_0}{\alpha_\lambda},$$

wo R_0 die Verdetsche Konstante, I_0 die Stromstärke in Ampere, α_0 der korrigierte Galvanometerausschlag für die Wellenlänge 4358 Å.-E. ist, und wo R_λ, I_λ und α_λ die entsprechenden Größen für die übrigen Quecksilberlinien sind. Da wegen kleiner Undichtigkeiten und Temperaturschwankungen die Manometerangaben nicht vollkommen stationär waren, wurde die Dispersion aus der Gleichung

$$\varrho = \frac{R_\lambda}{R_0} = \frac{\alpha_0 d_0}{\alpha_\lambda d_\lambda} = \frac{\alpha_0 p_0 (1+\beta t_\lambda)}{\alpha_\lambda p_\lambda (1+t_0)} = \frac{\alpha_0 p_0}{\alpha_\lambda P_\lambda}$$

berechnet, wo d_0 die Dichte, p_0 der Druck und t_0 die Temperatur des Gases während der Messung an der Linie 4358 Å.-E. sind und der Index λ die übrigen Wellenlängen bezeichnet, wo β der (aus den Beobachtungsergebnissen von Amagat entnommene) Druckkoeffizient ist, und wo $P = p_\lambda (1+\beta [t_0 - t_\lambda])$ ist.

Da P_λ sich von p_0 nicht stark unterscheidet, brauchen Abweichungen vom Boyleschen Gesetz nicht berücksichtigt zu werden. Um die Beobachtungen bei dem tieferen Druck von 2805 Å.-E. bis 2654 Å.-E. zu reduzieren, habe ich zunächst die Drehung für die Linie

1) Kayser, Handbuch 3, 357.

1) Die Linie 2805 Å.-E. ist die zweite von rechts, nicht die erste, wie in der Figur irrtümlich angegeben. Die Horizontalabstände sind auf das Vierfache und die Vertikalabstände etwa auf das Siebenfache vergrößert. Intensitätsunterschiede sind durch Unterschiede in der Breite angedeutet.

2805 Å.-E. als Einheit angenommen und die relative Dispersion dann durch Multiplikation mit $\frac{R_{2805}}{R_0}$ erhalten.

Der benutzte Sauerstoff war von der Gesellschaft „Oxygenium" in Schiedam geliefert worden. Er wurde in einer Hempelschen Absorptionspipette analysiert, der mit Kupferdrahtnetz gefüllt war, das seinerseits mit einer Lösung von Ammoniak und Ammoniumkarbonat befeuchtet worden war. Für das Gas, mit dem ich die zuverlässigsten Ergebnisse erhalten habe, wurden 97 Proz. Sauerstoff ermittelt.

Die nachstehende Tabelle I wurde aus den Photogrammen gewonnen, die ich vom 21. bis zum 25. Mai erhalten habe.

Tabelle I.

λ in Å.-E.	Druck in Atmosphären	Temperatur in ° C	Galvanometerausschlag in mm	ϱ
4358	83,8	17,4	335,9	1,00
4047	83,8	17,2	304,9	1,10
3665	83,2$_5$	17,5	258,2	1,31
3130	84,9	16,9	184,2	1,79$_5$
2805	82,5	17,4	152,3	2,24
2805	40,9	16,7	314,1	—
2755	41,3	17,1	301,9	2,31
2654	41,0$_5$	16,5	280,1	2,50

Der Druckkoeffizient wurde zu 0,0046 bei einem Anfangsdruck von 84 Atmosphären und zu 0,0042 bei einem Druck von 41 Atmosphären angenommen. Diese Werte wurden durch Extrapolation aus den Beobachtungsergebnissen von Amagat[1]) gewonnen.

Wasserstoff.

7. — Die ersten Messungsreihen wurden mit doppelt gereinigtem Wasserstoff ausgeführt, den die Gesellschaft „Oxygenium" geliefert hatte. Die Analyse in einer Hempelschen Explosionspipette zeigte keine Verunreinigung. Zum Zwecke absoluter Bestimmungen stellte ich hinterher Messungen mit einem Zylinder voll sehr reinen Wasserstoffs an, der im Leidener Institut durch Ausfrieren der Verunreinigungen bei tiefer Temperatur bereitet worden war.

Vom 24. bis zum 29. Mai mit dem ersten Gas ausgeführte Messungen lieferten die nachstehenden Ergebnisse:

Die Nicols wurden von vornherein unter einem Winkel von 92° eingestellt. Die Expositionsdauer schwankte zwischen 1,5 und 10 Minuten. Der Druckkoeffizient wurde zu 0,0037 angenommen, und für Abweichungen vom Boyleschen Gesetz wurde keine Korrektion angebracht.

1) Wüllner, Experimentalphysik, 5. Aufl. **2**, Tab. S. 138.

Tabelle II.

λ in Å.-E.	Druck in Atmosphären	Temperatur in ° C	Galvanometerausschlag in mm	R_λ/R_{4047}
4047	54,1	15,8	373,8	1,00
3665	56,8	15,2	288,1	1,23$_5$
3130	57,1	14,9	197,1	1,79
2805	52,8	15,7	159,6	2,40
2654	57,8	15,9	126,9	2,75$_5$
2535	56,1	16,5	115,2	3,14
2482	56,4	16,4	107,0	3,35$_5$

Bei dem Wasserstoff aus Leiden war ein höherer Druck zu erhalten, und ich stellte deshalb für die betreffende Messungsreihe die Nicols unter einem Winkel von 92,5° ein. Die Stromstärken wurden mit dem bereits beschriebenen Amperemeter gemessen. (Meßbereich 0—50 Ampere, 1 Skalenteil = 0,5 Ampere.)

Die Expositionsdauer betrug bei den beiden letzten ultravioletten Linien, 2399 Å.-E. und 2378 Å.-E., 18 Minuten; die Stromstärke wurde eine Stunde lang auf 10 Ampere konstant gehalten. Wegen der Erwärmung der Spulen konnten in keiner Versuchsreihe mehr als drei Expositionen hintereinander vorgenommen werden.

Die folgende Tabelle III gibt die Ergebnisse dieser Messungen wieder.

Tabelle III.

λ in Å.-E.	Druck in Atmosphären	Temperatur in ° C	Stromstärke in Ampere	ϱ
4358	93,8$_5$	18,6	35,74	1,00
4047	93,9	18,3	30,18	1,18
3665	90,0	18,7	25,65	1,45$_5$
3130	88,1	17,9	17,70	2,14$_5$
3130	76,0	19,5	20,45	—
2805	75,2	19,8	15,09	2,83
2654	75,5	19,7	13,44	3,29
2535	74,9	20,9	12,19	3,67
2482	75,0	20,5	11,44	3,90$_5$
2399	74,7	19,3	10,44	4,27
2378	74,8	19,3	10,19	4,37

Berechnet man aus diesen Messungen die Werte von R_λ/R_{4047}, so kann man die mit dem Leidener Wasserstoff und die mit dem Wasserstoff der Gesellschaft „Oxygenium" erhaltenen Ergebnisse miteinander vergleichen (s. Tab. IV).

Da die Photogramme für die letzten ultravioletten Linien bei dem Wasserstoff aus Leiden viel schärfer waren, habe ich die mit diesem erhaltenen Ergebnisse zur Zeichnung der Dispersionskurven benutzt.

Tabelle IV.

λ in Å.-E.	$R\lambda/R_{4047}$, Leiden	$R\lambda/R_{4047}$, Oxygenium
4047	1,00	1,00
3665	1,23	$1,23_3$
3130	$1,81_5$	1,79
2805	2,39	2,40
2654	2,78	$2,75_5$
2535	$3,10_5$	3,14
2482	3,30	$3,35_5$

Kohlensäure.

8. — Für Kohlensäure sind die Drehungskonstanten größer als für die übrigen Gase. Die Messungen wurden bei einem Druck von 27 Atmosphären vorgenommen, da bei höheren Drucken kleine Temperaturschwankungen Strömungen in dem Gase hervorriefen, durch die das Spaltbild unscharf wurde.

Ich verwandte käufliche Kohlensäure, nachdem sie durch Destillieren gereinigt worden war. Die Analyse in einer mit Eisendrahtnetz und Kalilauge gefüllten Absorptionspipette ergab 96 Proz. CO_2.

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle V mitgeteilt:

Tabelle V.

λ in Å.-E.	Druck in Atmosphären	Temperatur in ° C.	Galvanometerausschlag in mm	$R\lambda/R_{4047}$
4047	$25,3_5$	16,1	336,1	1,00
3665	27,3	17,5	277,9	$1,22_5$
3130	27,3	17,5	189,9	1,79
2805	27,2	17,2	149,8	$2,27_5$
2654	27,2	16,5	129,6	$2,61_5$
2535	27,3	16,2	114,6	2,95

Die Expositionsdauer bewegte sich zwischen 1,5 und 10 Minuten. Ich nahm noch eine weitere Reihe von Photogrammen der grünen und blauvioletten Quecksilberlinien auf farbenempfindlichen Agfa-Platten auf, um einen Vergleich mit den Ergebnissen von Siertsema zu ermöglichen. Es ergab sich, daß die Übereinstimmung sehr gut war:

Tabelle VI.

λ in Å.-E.	R/R_{5461}	$R\lambda/R_{5461}$ nach Siertsema
5461	1,00	1,00
4358	$1,60_5$	1,60
4047	1,87	1,87

Bestimmung der absoluten Drehungskonstanten.

9. — Ich habe bereits erwähnt, daß die Anordnung der Apparatur für das Halbschattenverfahren eine direkte Messung des Drehungswinkels nicht gestattet, und daß daher für eine absolute Bestimmung der Drehungskonstanten eine Eichung mit Wasser erforderlich ist. Wenn die Drehungskonstante für die Wellenlänge λ bei einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur für Wasserstoff R_H und für destilliertes Wasser R_W ist, und wenn die bei den beiden Aufnahmen angewandten Stromstärken I_H bzw. I_W Ampere betragen, so ist:

$$R_H = \frac{I_W}{I_H} R_W .$$

In dieser Formel muß man die beiden Stromstärken mit derselben relativen Genauigkeit kennen. Da die Drehung im Wasser für die Quecksilberlinie 4358 Å.-E. ungefähr 25,3 mal so groß ist wie die im Wasserstoff (bei 100 kg/cm² und 17,5°), so waren die benutzten Meßbereiche des Amperemeters 0 bis 2 Ampere, bzw. 0 bis 50 Ampere. Nachdem ich die Versuchsröhre mit Wasser gefüllt hatte, fand ich, im Gegensatz zu dem, was ich erwartet hatte, daß die 230 cm lange Säule das Ultraviolett nur bis zur Wellenlänge 3665 Å.-E. hindurchließ, während Landau mit einer 1 cm dicken Wasserschicht noch imstande war, photographische Aufnahmen der Eisenlinie 2496 Å.-E. zu erhalten. Ich benutzte schließlich zu diesen Messungen nur die Linie 4358 Å.-E. Die Expositionsdauer betrug bei Wasserstoff zwei und bei Wasser fünf Minuten. Infolge der wiederholten Neufüllung der Versuchsröhre sank der aus dem Leidener Zylinder mit Wasserstoff erhältliche Druck auf 75 kg/cm², so daß die bei dem Gase angewandten Stromstärken etwa 34mal so groß waren wie die für die Aufnahmen mit dem Wasser erforderlichen.

Ich erhielt auf diese Weise:

f. Wasserstoff (73,9 Atm., 16,9°) $I_H = 37{,}72$ Amp.
f. destilliertes Wasser . . . . . $I_W = 1{,}145$ „

Nach Siertsema ist $R_W = 0{,}02495'$, für $\lambda = 4358$ Å.-E. Auf Grund meiner Messungen läßt sich für einen Druck von 85 kg und eine Temperatur von 9,5° $I_H = 32{,}88$ Amp. berechnen, und daraus folgt, daß

$$R_{H,\,(85\ \mathrm{kg/cm^2},\ 9{,}5°)} = (869 \times 10^{-6})'$$

ist. Das stimmt gut mit dem von Siertsema angegebenen Werte: $(863 \times 10^{-6})'$ überein.

10. — Dieser Umstand veranlaßte mich, meine Ergebnisse für die drei Gase mit denen von Siertsema zu vereinigen und für jedes der drei Gase die Dispersionskurve im sichtbaren und im ultravioletten Spektralgebiet zu zeichnen. Die Drehungskonstante für die gelbe

Quecksilberlinie (mittlere Wellenlänge 578 $\mu\mu$) wurde als Einheit angenommen. Längs der Abszissenachse sind die Wellenlängen in $\mu\mu$ aufgetragen und längs der Ordinatenachse die nachstehend (Tabelle VII) verzeichneten relativen Drehungen (siehe Fig. 5):

Tabelle VII.

λ in $\mu\mu$	$R\lambda/R_{578}$		
	Sauerstoff	Kohlensäure	Wasserstoff
578	1,00	1,00	1,00
546	1,08	1,12$_5$	1,12$_5$
486	1,26$_5$	1,43$_5$	1,44
436	1,50	1,80$_5$	1,81$_5$
404,$_5$	1,65$_5$	2,10	2,15
366,$_5$	1,96$_5$	2,57	2,64
313	2,69$_5$	3,76	3,90
280,$_5$	3,36$_5$	4,77$_5$	5,14
265,$_5$	3,75$_5$	5,49	5,97$_5$
253,$_5$	—	6,19$_5$	6,67
248	—	—	7,09
240	—	—	7,76
238	—	—	7,94

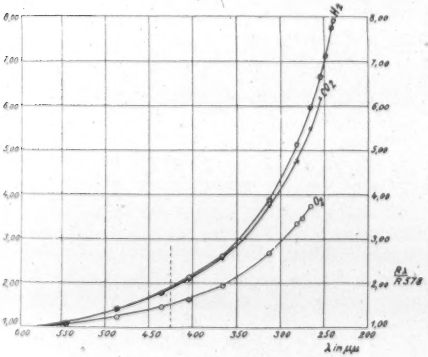


Fig. 5.

Die gestrichelte Linie in Fig. 5 bei 423 $\mu\mu$ gibt die Grenze der Beobachtungen von Siertsema an.

Es ist zu bemerken, daß die Kurve für Sauerstoff beträchtlich von denen für die übrigen Gase abweicht, daß aber bei Annäherung an das ultraviolette Gebiet keine plötzliche Änderung auftritt, und daß der Unterschied zwischen Wasserstoff und Kohlensäure im ultravioletten Gebiet deutlich und merklich zu werden anfängt.

Unter der Annahme, daß die ultraviolette Brechung im Wasserstoff einer Formel von der Gestalt

$$n^2 = A + \frac{B}{\lambda^2 - \lambda^2_m}$$

genügt, wo λ_m, die Wellenlänge der ultravioletten freien Schwingung, zu 0,087 μ[1]) angenommen worden ist, habe ich die folgenden Werte für e/m berechnet:

Tabelle VIII.

λ in $\mu\mu$	$e/m \times 10^{-7}$ für H_2 (85 kg; 9, 5°)
589	1,77
405	1,78
313	1,81
265	1,85$_5$
248	1,86
238	1,87$_5$

Die hier gefundene Zunahme für e/m stimmt mit der Annahme einer einzigen ultravioletten freien Schwingung nicht überein.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. H. Kamerlingh Onnes herzlichst für die Aufforderung zur Ausführung dieser Untersuchung zu danken, sowie auch dafür, daß er mir den erforderlichen Hochdruckapparat zur Verfügung gestellt hat. Ferner danke ich Herrn Professor Dr. L. Siertsema herzlich für die Gewährung so ausgezeichneter Hilfsmittel für meine Arbeit und für das unverminderte Interesse, mit dem er den Fortgang der Untersuchung verfolgt hat.

1) Siertsema and De Haas, Amsterd. Proc. **14**, 603.

Delft, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, Oktober 1912.

(Eingegangen 20. Februar 1913.)

Das Elastizitätsproblem für dünne Schalen von Ringflächen-, Kugel- oder Kegelform.

Von Ernst Meißner.

Die elastische Theorie dünner Schalen, die nach einer Rotationsfläche gewölbt und axial symmetrisch belastet sind, verlangt die Integration einer totalen Differentialgleichung vierter Ordnung, die schon in einfachen Fällen verwickelte Struktur hat.

In der vorliegenden Arbeit zeige ich, daß eine Reduktion auf eine Differentialgleichung zweiter Ordnung eintritt, wenn die Krümmung des Flächenmeridians konstant ist, also im Falle der Kugel-, Kegel- und Ringfläche. Auch entwickle ich die Methoden zur Integration dieser Gleichung und damit zur Festigkeitsberechnung solcher Schalen. Das ist von Be-

deutung für die Technik, da dort Kolben und Böden von dieser Form häufig verwendet werden. Auch die Theorie des Kugelgewölbes wird dadurch erledigt.

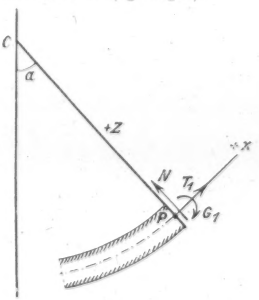
1.

Sei $P(\alpha)$ ein Punkt des Meridians der Schalenmittelfläche, α der Winkel der Meridiannormalen mit der Rotationsachse, R_1 der Krümmungsradius des Meridians, $PC = R_2$ der zweite Hauptkrümmungsradius der Fläche in P[1]). Wir legen in P eine x-Achse nach der Meridiantangente, eine y-Achse nach der Parallelkreistangente, eine z-Achse nach der inneren Flächennormalen. Die Schale habe die konstante Dicke $2h$; die Belastung pro Flächeneinheit der Mittelfläche habe die Komponenten X, $Y = 0$, Z, die gegebene Funktionen von α seien. Legt man einen Normalschnitt zur Schale längs des durch P gehenden Parallelkreises, so wirken auf ein Stück dieses Schnittes von der Länge eins

a) gleichförmig über die Schalendicke verteilte normale Zugspannungen von der Resultierenden T_1,

b) proportional mit dem Abstand von der Schalenmitte zunehmende normale (Biegungs-) Spannungen, die einem Kräftepaar vom Moment G_1 statisch gleichwertig sind,

c) Schubspannungen in der z-Richtung von der Resultierenden N (vgl. Figur).



Auf einen Meridianschnitt in P wirken pro Längeneinheit analoge Spannungen von der Resultierenden T_2 und dem Moment G_2, während hier der Symmetrie wegen der Schub fehlt.

Zwischen den fünf Spannungskomponenten T_1, G_1, N, T_2, G_2 bestehen die drei Gleichgewichtsbedingungen[2])

$$\left.\begin{aligned}
&(T_1 R_2 \sin\alpha)' - T_2 R_1 \cos\alpha - N R_2 \sin\alpha + \\
&\qquad + R_1 R_2 \sin\alpha \cdot X = 0, \\
&(N R_2 \sin\alpha)' + T_1 R_2 \sin\alpha + T_2 R_1 \sin\alpha + \\
&\qquad + R_1 R_2 \sin\alpha\, Z = 0, \\
&(G_1 R_2 \sin\alpha)' - G_2 R_1 \cos\alpha - \\
&\qquad - N R_1 R_2 \sin\alpha = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Die Akzente bezeichnen hier wie im folgenden Ableitungen nach α.

Aus den ersten beiden Gleichungen erhält man das Integral

$$\left.\begin{aligned}
&R_2 \sin\alpha \cdot (T_1 \sin\alpha + N \cos\alpha) = -F(\alpha), \\
&\text{wobei} \\
&F(\alpha) = \int R_1 R_2 \sin\alpha [X \sin\alpha + Z \cos\alpha] d\alpha + \\
&\qquad + \text{Konstante}
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

gesetzt ist. Die Größe der Konstanten ergibt sich aus der statischen Interpretation dieses Integrals.

Seien u, w die Verschiebungen, die der Punkt $P(\alpha)$ in der x- und der z-Richtung erfährt, ε_1, ε_2 die Dehnungen in P nach der x- und y-Richtung. Es ist dann[1])

$$\varepsilon_1 = \frac{u' - w}{R_1}, \qquad \varepsilon_2 = \frac{u \operatorname{cotg}\alpha - w}{R_2}, \quad (3)$$

und das Elastizitätsgesetz gibt[2])

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2Eh}(T_1 - \sigma T_2), \quad \varepsilon_2 = \frac{1}{2Eh}(T_2 - \sigma T_1). \quad (4)$$

Hierbei ist E der Elastizitätsmodul, σ die reziproke Poissonsche Zahl des Schalenmaterials.

Ferner setze man[3])

$$\varkappa_1 = \frac{1}{R_1}\left(\frac{u + w'}{R_1}\right)', \quad \varkappa_2 = \frac{\operatorname{cotg}\alpha}{R_2}\left(\frac{u + w'}{R_1}\right). \quad (5)$$

Die Größen $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, die sogenannten Krümmungsänderungen, stehen mit den Spannungsmomenten in der Beziehung[4])

$$\left.\begin{aligned}
&G_1 = -D[\varkappa_1 + \sigma \varkappa_2], \quad G_2 = -D(\varkappa_2 + \sigma \varkappa_1), \\
&D = \frac{2Eh^3}{3(1-\sigma)}.
\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Durch die Gleichungen (3), (4), (5), (6) können in den Gleichgewichtsbedingungen (1) die Verschiebungen u, w eingeführt werden. Eliminiert man dann noch N, so ergeben sich zwei simultane Differentialgleichungen für u und w als Funktionen von α.

2.

Herr Reißner[5]) hat für die Kugelschale durch Einführung von Spannungs- und Deformationsgrößen an Stelle der Verschiebungen u, w eine Symmetrie der Grundgleichungen erzielt, die auch für den Fall der allgemeinen

1) Ich benutze im wesentlichen die Bezeichnungen und Formeln von Love-Timpe, Lehrbuch der Elastizität, Kap. XXIV. Leipzig, Teubner 1907. Die in Anmerkungen unter [] angegebenen Ziffern beziehen sich stets auf die Formeln der dort entwickelten Theorie.

2) [45], [46].

1) [21].
2) [36].
3) [26].
4) [37].
5) Reißner, Spannungen in Kugelschalen. Müller-Breslau-Festschrift. Leipzig, Kröner, 1912. S. 192.

Rotationsfläche erreicht werden kann, und die, wie hier gezeigt wird, von grundlegender Bedeutung ist.

Als eine Grundvariable wählen wir

$$V = N R_2. \tag{7}$$

Die zwei ersten Gleichgewichtsbedingungen (1) geben dann

$$\left.\begin{aligned} T_1 &= -\frac{1}{R_2}\operatorname{cotg}\alpha \cdot V - \frac{1}{R_2}\frac{F(\alpha)}{\sin^2\alpha}, \\ T_2 &= -\frac{1}{R_1}\cdot V' + H(\alpha), \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

wo

$$H = \frac{F(\alpha)}{R_1 \sin^2\alpha} - R_2 Z \tag{8'}$$

von der Belastung abhängt. Als zweite Variable wählen wir den Ausdruck

$$U^* = R_2 \varkappa_2 \operatorname{tg}\alpha = \frac{u + w'}{R_1}, \tag{9}$$

so daß nach (5)

$$\varkappa_1 = \frac{1}{R_1} U^{*\prime}, \quad \varkappa_2 = \frac{\operatorname{cotg}\alpha}{R_2} U^*. \tag{10}$$

Es geht dann die letzte Gleichgewichtsgleichung (1) über in

$$0 = \frac{R_2}{R_1} U^{*\prime\prime} + \left\{\left(\frac{R_2}{R_1}\right)' + \frac{R_2}{R_1}\operatorname{cotg}\alpha\right\} U^{*\prime} - U\left\{\frac{R_1}{R_2}\operatorname{cotg}^2\alpha + \sigma\right\} - \frac{V R_1}{D}.$$

Nun führe man den linearen und homogenen Differentialoperator

$$L(\,) = \frac{1}{\sin\alpha}\frac{d}{d\alpha}\left[\frac{R_2 \sin\alpha}{R_1}\frac{d(\,)}{d\alpha}\right] - \frac{R_1}{R_2}\operatorname{cotg}^2\alpha \cdot (\,) \tag{11}$$

ein. Die vorige Gleichung schreibt sich jetzt einfach

$$L(U^*) - \sigma U^* = -\frac{R_1}{D}\cdot V. \tag{I}$$

Eine zweite Relation zwischen U^* und V gibt die Bedingung der Kompatibilität, die so gefunden wird:

Aus (3) folgt

$$u = \sin\alpha \cdot \int \frac{\varepsilon_1 R_1 - \varepsilon_2 R_2}{\sin\alpha} d\alpha,$$

$$w = \cos\alpha \cdot \int \frac{\varepsilon_1 R_1 - \varepsilon_2 R_2}{\sin\alpha} d\alpha - R_2 \varepsilon_2$$

und nach (9) wird somit

$$U^* = \frac{1}{R_1}[-(R_2\varepsilon_2)' + \operatorname{cotg}\alpha\,(R_1\varepsilon_1 - R_2\varepsilon_2)],$$

was wegen (4) übergeht in

$$2Eh \cdot U^* \cdot R_1 = -(R_2 T_2)' + \sigma(R_2 T_1)' + \operatorname{cotg}\alpha\,\{R_1 T_1 - \sigma R_1 T_2 - R_2 T_2 + \sigma R_2 T_1\}.$$

Führt man hier durch Benutzung von (8) die Größe V ein, so kommt

$$2Eh R_1 \cdot U^* = \left(\frac{R_2}{R_1}\right) V'' + \left[\left(\frac{R_2}{R_1}\right)' + \frac{R_2}{R_1}\operatorname{cotg}\alpha\right] V' - V\left[\frac{R_1}{R_2}\operatorname{cotg}^2\alpha - \sigma\right] + \Phi(\alpha),$$

wobei

$$\Phi = \frac{F(\alpha)}{\sin^2\alpha}\left\{\operatorname{cotg}\alpha\left(\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_1}{R_2}\right) - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)'\right\} + (R_2^2 Z)' - R_2(R_2 + \sigma R_1) X \tag{12}$$

gesetzt ist. Wesentlich ist, daß hier der analoge Differentialausdruck auftritt zu demjenigen der Gleichung (I), so daß diese Beziehung geschrieben werden kann:

$$2Eh \cdot R_1 \cdot U^* = L(V) + \sigma V + \Phi. \tag{II}$$

Zur Normierung setze man noch

$$U^* = i \cdot \frac{U}{\lambda \cdot D}, \quad \lambda = \frac{\sqrt{3(1-\sigma^2)}}{h}, \quad i = \sqrt{-1}. \tag{13}$$

Dann lauten die Gleichungen (I) und (II)

$$L(U) - \sigma U = i\lambda R_1 \cdot V, \tag{I'}$$

$$L(V) + \sigma V = i\lambda R_1 \cdot U - \Phi. \tag{II'}$$

Aus diesen zwei simultanen Differentialgleichungen sind U und V zu bestimmen.

3.

Da für Kugel- und Kegelschale in allen praktisch wichtigen Belastungsfällen elementare Partikularlösungen von (I'), (II') angegeben werden können, so soll im folgenden zunächst der Fall des homogenen Gleichungssystems ($\Phi = 0$) behandelt werden, der der unbelasteten Schale entspricht.

Die Elimination von U gibt bei $\Phi = 0$ für V die homogene Differentialgleichung vierter Ordnung:

$$L\left(\frac{L(V)}{R_1}\right) - \sigma L\left(\frac{V}{R_1}\right) + \sigma\frac{L(V)}{R_1} + (\lambda^2 R_1^2 - \sigma^2)\frac{V}{R_1} = 0 \tag{III}$$

und eine analoge Gleichung folgt für U.

Nehmen wir jetzt an, der Meridian sei ein Kreis (Kugel, Ringfläche, Kegel im Grenzfall), so ist R_1 konstant, und wenn noch $\lambda^2 R_1^2 - \sigma^2 = \varkappa^2$ gesetzt wird, so lautet (III) jetzt einfach

$$L\,L(V) + \varkappa^2 V = 0, \tag{IV}$$

derselben Gleichung genügt auch U.

Diese Gleichung aber zerfällt in die konjugierten Gleichungen zweiter Ordnung

$$L(V) + i\varkappa V = 0, \tag{V_1}$$

$$L(V) - i\varkappa V = 0, \tag{V_2}$$

auf deren Integration das ganze Elastizitätsproblem hinauskommt. Die Lösungen von (V_2) sind zudem einfach die konjugiert komplexen der Lösungen von (V_1), so daß man sich wesentlich auf (V_1) beschränken kann.

Für die Ringfläche, deren Meridiankreiszentrum den Abstand $a = \mu R_1$ von der Rotationsachse hat, wird

$$R_2 = \frac{a + R_1 \sin\alpha}{\sin\alpha} = R_1 \frac{\sin\alpha + \mu}{\sin\alpha},$$

$$L(V) = \frac{\mu + \sin\alpha}{\sin\alpha} V'' + \operatorname{cotg}\alpha \cdot V' - \frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha(\sin\alpha + \mu)} \cdot V,$$

und wenn man $x = \sin\alpha$ einführt, lautet (V_1):

$$(\mu + x)^2 (1 - x^2)^2 \frac{d^2V}{dx^2} + (\mu + x)(1 - x^2)[1 - x^2 - x(\mu + x)] \frac{dV}{dx} - (1 - x^2)[1 - x^2 - i\varkappa x(\mu + x)] V = 0.$$

Dies ist eine lineare Differentialgleichung der Fuchsschen Klasse mit Singularitäten in $x = +1$, -1, $-\mu$ und $x = \infty$.

Die Exponenten in $x = +1$ sind gleich $0, \frac{1}{2}$; in $x = -\mu$ gleich $+1$, und in $x = \infty$ die Wurzeln von $\beta^2 - \beta - (1 + i\varkappa) = 0$.

Schneidet der Meridiankreis die Achse nicht, so liegt die singuläre Stelle $x = -\mu$ außerhalb der Stellen $+1$, und man kann ohne weiteres Potenzreihen als Lösungen angeben, die für $-1 < x < 1$ konvergieren. Auch kann durch Anwendung der allgemeinen Theorie der Charakter der Funktion V untersucht werden.

Ich ziehe es der Kürze wegen vor, hier ausführlich nur die einfacheren Fälle der Kugel- und Kegelschale zu erörtern und behalte mir vor, später auf die Ringfläche zurückzukommen.

4.
Die Kugelschale.

Für sie ist $R_1 = R_2 = R$; $\mu = 0$

$$L(V) = V'' + \operatorname{cotg}\alpha \cdot V' - \operatorname{cotg}^2\alpha \cdot V,$$

und nach (12)

$$\Phi = R^2[Z' - (1 + \sigma)X], \qquad (14)$$

so daß die inhomogenen Gleichungen (I'), (II') lauten:

$$L(U) - \sigma U = i\lambda RV, \qquad (15_1)$$

$$L(V) + \sigma V = i\lambda RU - R^2[Z' - (1+\sigma)X]. \qquad (15_2)$$

Man hat für die technisch wichtigen Belastungsarten Partikularlösungen dieser Gleichungen zu finden, und alsdann, um allgemeinen Randbedingungen genügen zu können, darüber die Lösung für die unbelastete Schale zu superponieren. Diese letztere erfordert nach früherem die Integration von (V_1), welche Relation hier lautet:

$$V'' + V' \operatorname{cotg}\alpha - V \operatorname{cotg}^2\alpha + i\varkappa V = 0. \qquad (16)$$

5.
Partikularlösungen.

a) Bei konstantem Oberflächendruck p. Es ist dann $X = 0$, $Z = p$, $\Phi = 0$, und man genügt den Gleichungen (15) durch $U = 0$, $V = 0$. Das führt wesentlich auf eine geschlossene Hohlkugel unter Außendruck. In jedem Schnitt treten gleichförmig verteilte Zugspannungen auf.

$$\left(T_1 = T_2 = p\frac{R}{2};\ G_1 = G_2 = N = 0\right).$$

b) Eigengewicht als Belastung. Ist γ das spezifische, Γ das Gewicht der Schale pro Oberflächeneinheit ($\Gamma = 2h\gamma$), so hat man bei vertikal gestellter Achse[1])

$$X = \Gamma\sin\alpha, \quad Z = \Gamma\cos\alpha,$$
$$\Phi = -R^2\Gamma(2 + \sigma)\cdot\sin\alpha.$$

Beachtet man, daß

$$L(\sin\alpha) = -\sin\alpha,$$

so erkennt man leicht, daß durch den Ansatz

$$U = A\sin\alpha, \quad V = B\sin\alpha$$

die Gleichungen befriedigt werden können, wenn A und B passend bestimmt werden.

c) Die um die Achse gleichförmig rotierende Kugelschale. Ist ω die Winkelgeschwindigkeit, so haben die Trägheitskräfte, die hier als Belastung anzusehen sind, pro Flächeneinheit die Komponenten

$$X = \tau\sin\alpha\cos\alpha, \quad Z = -\tau\sin^2\alpha,$$

wo

$$\tau = 2\frac{\gamma}{g}h\omega^2 R$$

ist, und es wird

$$\Phi = -R^2\tau(3 + \sigma)\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha.$$

Die Bemerkung, daß

$$L(\sin\alpha\cos\alpha) = -5\sin\alpha\cos\alpha,$$

zeigt, daß der Ansatz
$U = -RC_1\sin\alpha\cos\alpha$, $V = -RC_2\sin\alpha\cos\alpha$
eine Lösung von (15) gibt, sobald man setzt

$$C_1 = \frac{(3 + \sigma)\frac{\gamma}{g}R\omega^2}{E\left[1 + \frac{5^2 - \sigma^2 \quad h^2}{3(1 - \sigma^2)\ R^2}\right]},$$

[1]) Wesentlich dieselben Gleichungen gelten, wenn die Kugelschale in der Achsenrichtung translatorisch beschleunigt wird.

$$C_2 = \frac{(3+\sigma)(5+\sigma)\,2h^3}{3(1-\sigma^2)\left[1+\frac{5^2-\sigma_2}{3(1-\sigma^2)}\frac{h^2}{R^2}\right]}\cdot\frac{\gamma}{g}\cdot\omega^2.$$

Man erhält dann nach (8) und (9)

$$\begin{aligned} T_1 &= C_2\cos^2\alpha,\\ T_2 &= C_2\cos 2\alpha + \tau R\sin^2\alpha,\\ G_1 &= DC_1[\cos 2\alpha + \sigma\cos^2\alpha],\\ G_2 &= DC_2[\cos^2\alpha + \sigma\cos 2\alpha], \end{aligned}$$

und erkennt weiter, daß diese Lösung zu einer vollständig geschlossenen, völlig freien Kugelschale gehört, die um einen Durchmesser gleichförmig rotiert[1]); ein an sich beachtenswertes Resultat.

6.

Die unbelastete Kugelschale

erfordert die Integration von (16). Wir substituieren dort

$$V = \sin\alpha\cdot S, \quad x = \sin^2\alpha \tag{17}$$

und erhalten

$$x(x-1)\frac{d^2S}{dx^2} + \left(\frac{5}{2}x - 2\right)\frac{dS}{dx} + S\,\frac{1-i\varkappa}{4} = 0. \tag{18}$$

Dies ist eine hypergeometrische Differentialgleichung für $S(x)$ mit den Exponenten[2])

$$\begin{aligned} &\alpha' = 0, && \alpha = -1 && \text{in } x = 0,\\ &\gamma' = \frac{1}{2}, && \gamma = 0 && \text{in } x = 1,\\ &\beta' = \frac{3+W}{4}, && \beta = \frac{3-W}{4}, && \end{aligned}$$

wo $W = \sqrt{5+4i\varkappa}$ ist in $x = \infty$.

Ein erstes Integral ist sonach die hypergeometrische Reihe

$$\left.\begin{aligned} S_1 &= F\left(\frac{3+W}{4}, \frac{3-W}{4}, 2, x\right) = 1 +\\ &+ \frac{3^2-W^2}{1!\,2!}x + \frac{(3^2-W^2)(7^2-W^2)}{2!\,3!}x^2 + \cdots \end{aligned}\right| \tag{19}$$

Ein zweites Integral hat die Form

$$S_2 = \lg x\cdot S_1 + \frac{1}{x}\mathfrak{P}(x), \tag{20}$$

wo die Potenzreihe $\mathfrak{P}(x)$ wie die Reihe (19) für jedes $|x| < 1$ konvergiert. Ihr Koeffizientengesetz läßt sich ebenfalls allgemein angeben[3]),

1) Die Abplattung wird, wenn die kleine Größe $\frac{5^2-\sigma^2}{3(1-\sigma^2)}\frac{h^2}{R^2}$ neben 1 vernachlässigt wird, gleich

$$\frac{\gamma}{g}\cdot 3(2+\sigma)\cdot\frac{V_a^2}{g}$$

(V_a = Umfangsgeschwindigkeit am Äquator).

2) Vgl. etwa: F. Klein, Über die hypergeometrische Funktion. Autographie. Leipzig, Teubner, 1906.

3) Vgl. Riemann-Weber, Partielle Differentialgleichungen der Physik. 5. Aufl. Braunschweig, Vieweg, 1912. S. 25 ff.

wenn es auch etwas weniger einfach ausfällt, als das der Reihe (19). Den Integralen (19), (20) entsprechen wegen (17) zwei Integrale V_1, V_2 von (V_1). Setzen wir, Reelles und Imaginäres trennend,

$$V_1 = I_1 + iI_2 = \sin\alpha S_1,\ V_2 = I_3 + iI_4 = \sin\alpha S_2, \tag{21}$$

so ist wegen (V_1):

$$\left.\begin{aligned} L(I_1) &= \varkappa I_2, \quad & L(I_3) &= \varkappa I_4,\\ L(I_2) &= -\varkappa I_1, \quad & L(I_4) &= -\varkappa I_3. \end{aligned}\right| \tag{22}$$

Man erkennt hieraus, daß die allgemeine Lösung von (4) die Form hat:

$$V = c_1 I_1 + c_2 I_2 + c_3 I_3 + c_4 I_4. \tag{23}$$

(c_i = Integrationskonstante)

und erhält aus (15_2), wo $X = Z = 0$ zu setzen ist, zunächst

$$i\lambda RU = 2EhRU^* = L(V) + \sigma V,$$

und wegen (21) und (22) daraus

$$\left.\begin{aligned} U^* &= (\sigma c_1 - \varkappa c_2)I_1 + (\varkappa c_1 + \sigma c_2)I_2 +\\ &+ (\sigma c_3 - \varkappa c_4)I_3 + (\varkappa c_3 + \sigma c_4)I_4. \end{aligned}\right| \tag{24}$$

Damit ist der mathematische Teil des Problems erledigt. Man erhält die Werte der Integrationskonstanten c_i aus den an den Schalenrändern herrschenden Randbedingungen. Wenn z. B. im Gewölbescheitel ($\alpha = 0$) die Schale geschlossen ist, so müssen die Spannungen dort endlich sein, und die in $\alpha = 0$ singulären Integrale I_3, I_4 fallen weg ($c_3 = c_4 = 0$). Längs des freien Schalenrandes können beliebige mit den Gleichgewichtsbedingungen verträgliche Randbedingungen erfüllt werden. Für eine im Scheitel durchlochte Schale treten dagegen I_3 und I_4 auf. Dafür hat man weiteren Bedingungen am Bohrungsrand zu genügen.

Man kann aus der Struktur der Integrale I_3, I_4 leicht folgenden Satz ableiten:

Ist der Innenrand der Bohrung spannungsfrei, so nehmen die Spannungskomponenten T_2, G_2 dort Werte an, die bei nach null abnehmendem Bohrungsdurchmesser dem doppelten derjenigen Werte zustreben, die unter sonst gleichen Umständen im Scheitel der undurchbohrten Schale herrschen würden.

Dadurch wird ein für die ebenen Platten bekanntes Resultat auf Kugelschalen ausgedehnt. Es illustriert die Gefährlichkeit einer Bohrung oder eines feinen Risses für die Festigkeit des Gewölbes.

7.

Die elastische Theorie des Kugelgewölbes wird nach vorigem auf die numerische Ermittlung der in (19) und (20) auftretenden Potenzreihen zurückgeführt, deren Konvergenz in den

in Betracht kommenden Gebieten feststeht. Daß diese Reihen auch praktisch brauchbar sind, wird eine Arbeit zeigen, die Herr Ing. Bolle auf meine Veranlassung jetzt ausführt. Es ist klar, daß man sich zur Erzielung besserer Konvergenz der Relationen bedienen kann, die zwischen den hypergeometrischen Entwicklungen nach Potenzen von $x = \sin^2\alpha$ und $1 - x = \cos^2\alpha$ bestehen. Auch wird es von Interesse sein, die Resultate der hier entwickelten genauen Theorie mit denen der Näherungstheorie zu vergleichen, die von den Herren Blumenthal[1]) und Reißner[2]) auf der Grundlage asymptotischer Integration entwickelt worden ist.

8.

Die Kegelschale.

Herr Stodola[3]) hat das Problem der Kegelschale zuerst behandelt, indem er in die Differentialgleichungen der Verschiebungen Potenzreihenansätze einführte. Hier ergibt sich eine einfache Theorie dieser Schalen als Grenzfall der Entwicklungen des zweiten Abschnittes. Man setzt dort $R_1 \alpha = x$ und geht zur Grenze $R_1 = \infty$ über. Es wird, wenn mit β der halbe Öffnungswinkel des Kegels bezeichnet wird

$$\lim_{R_1=\infty} \frac{1}{R_1} \operatorname{cotg}\beta \cdot L(\ ) = x\frac{d^2(\ )}{dx^2} + \frac{d(\ )}{dx} - \frac{(\ )}{x} = \Lambda(\ ), \tag{25}$$

$$\lim_{R_1=\infty} \frac{\Phi}{R_1} \operatorname{cotg}\beta = -\frac{F_1(x)}{x\cos\beta} + \operatorname{tg}\beta \cdot \frac{d(x^2 Z)}{dx} - \sigma x X = \Phi_1, \tag{26}$$

wobei jetzt

$$F_1(x) = \int x (X\cos\beta + Z\sin\beta)\, dx. \tag{26'}$$

Die Grundgleichungen (I) und (II) gehen über in

$$\Lambda(U^*) = -V\frac{\operatorname{cotg}\beta}{D}, \tag{VI}$$

$$\Lambda(V) = 2Eh\operatorname{cotg}\beta \cdot U^* - \Phi_1. \tag{VII}$$

Man hat ferner an Stelle von (8), (9) und (10)

$$T_1 = -\frac{V}{x} - \frac{F_1}{x\cos\beta}, \qquad T_2 = -\frac{dV}{dx} - \frac{1}{\cos\beta}\frac{dF_1}{dx} + xX, \tag{27}$$

$$U^* = \frac{dw}{dx}, \quad \varkappa_1 = \frac{dU^*}{dx}, \quad \varkappa_2 = \frac{U^*}{x}, \tag{28}$$

aus denen nach Bestimmung von U^* und V die Spannungen und Deformationen berechnet werden können.

9.

Spezielle Lösungen.

Wiederum sind für die wichtigsten Belastungsfälle Partikularlösungen von (VI) und (VII) anzugeben, worauf man sich im weiteren auf die homogenen Gleichungen beschränken darf.

a) Konstanter Oberflächendruck p. Hier ist

$$X = 0, \quad Z = p, \quad \Phi = \frac{3}{2}\operatorname{tg}\beta \cdot p \cdot x + \frac{c}{x}$$

(c = Konstante).

Man beachte, daß für jedes n

$$\Lambda(x^n) = (n^2 - 1)\, x^{n-1}. \tag{29}$$

Man findet dann sofort die Lösung

$$U^* = \frac{3}{4}\frac{\operatorname{tg}^2\beta \cdot p}{Eh} \cdot x + \frac{c\operatorname{tg}\beta}{2Eh}\frac{1}{x}, \quad V = 0.$$

Sonach ist in diesem Fall kein Schub vorhanden; am Schalenrand muß exzentrischer Normaldruck ausgeübt werden. Für den in der Spitze geschlossenen Kegel ist $c = 0$, und aus (28) folgt dann

$$w = p \cdot \frac{3}{\gamma}\frac{\operatorname{tg}^2\beta}{Eh} \cdot x^2,$$

der Kegel biegt sich also in die Rotationsfigur eines Parabelastes zusammen.

b) Eigengewicht bzw. axial beschleunigter Kegel. Ähnlich wie bei der Kugel hat man

$$X = \Gamma\cos\beta, \quad Z = \Gamma\sin\beta, \quad \Phi_1 = ax + \frac{b}{x},$$

so daß wieder der Ansatz

$$U = Ax + \frac{B}{x}, \qquad V = 0$$

eine Lösung gibt.

c) Gleichförmig um die Achse rotierender Kegel. Es wird hier

$$X = \tau\sin\beta \cdot x, \quad Z = -\tau\cos\beta \cdot x,$$

$$\left(\tau = \frac{\gamma}{g} \cdot 2h \cdot \sin\beta \cdot \omega^2\right)$$

und

$$\Phi_1 = -(3 + \sigma)\sin\beta \cdot \tau \cdot x^2 \cdot - \frac{c}{x}.$$

Wegen (14) kann man im Ansatz

$$U^* = Ax^2 + \frac{B}{x}, \qquad V = Cx$$

die Konstanten $A\,B\,C$ so bestimmen, daß die Gleichungen (VI) und (VII) erfüllt werden.

---

1) V. Blumenthal, Über asymptotische Integration usw. Intern. Congr. of Math. 1912 und Zeitschr. f. Math. u. Phys. (5) **10**, 136 ff., 1912.

2) Reißner, loc. cit.

3) A. Stodola, Die Dampfturbinen. 4. Aufl. Berlin, Springer, 1910. S. 597 ff.

10.

Die unbelastete Kegelschale.

Man hat hier $\Phi_1 = \frac{c}{x}$, wo c eine Konstante bedeutet, die für den geschlossenen Kegel null ist. Unter Beachtung von (13) setze man

$$\xi = x \cdot \lambda \operatorname{cotg} \beta,$$

$$\Lambda^*(\ ) = \xi \frac{d^2(\ )}{d\xi^2} + \frac{d(\ )}{d\xi} - \frac{(\ )}{\xi} = \frac{1}{\lambda \operatorname{cotg}\beta} \cdot \Lambda(\ ),$$

und substituiere in (VI) und (VII)

$$U^* = i \cdot \frac{\lambda}{2Eh} W + \frac{c \operatorname{tg}\beta}{2Eh} \cdot \frac{1}{x},$$

dann kommt

$$\Lambda^*(W) = iV, \qquad \text{(VIII)}$$

$$\Lambda^*(V) = iW. \qquad \text{(IX)}$$

In diesen Gleichungen treten nur rein numerische Koeffizienten auf. Die Elimination liefert

$$\Lambda^*\Lambda^*(V) + V = 0, \qquad (X_1)$$

$$\Lambda^*\Lambda^*(W) + W = 0. \qquad (X_2)$$

Diese Gleichungen zerfallen, z. B. (X_1), in

$$\Lambda^*(V) + iV = 0, \qquad (30_1)$$

$$\Lambda^*(V) - iV = 0, \qquad (30_2)$$

auf diese konjugierten Gleichungen zweiter Ordnung ist das Problem reduziert. Sie haben in $\xi = 0, \infty$ singuläre Stellen. Die Exponenten in $\xi = 0$ sind ± 1. Sonach existiert ein Integral V_1 von (30_1), das sich in eine beständig konvergente Potenzreihe nach ξ entwickeln läßt. Die Benutzung von (29) führt sofort zu der Gleichung

$$V_1 = \sum_1^\infty \frac{(-i\xi)^\varkappa}{(\varkappa-1)!\,(\varkappa+1)!} \qquad (0! = 1).$$

Imaginäres und Reelles trennend, hat man

$$V_1 = I_1 + iI_2,$$

wo

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= \sum_1^\infty \frac{(-1)^\lambda \xi^{2\lambda}}{(2\lambda-1)!\,(2\lambda+1)!}, \\ I_2 &= \sum_1^\infty \frac{(-1)^\lambda \xi^{2\lambda-1}}{(2\lambda-2)!\,(2\lambda)!} \end{aligned}\right\} \qquad (31)$$

reelle Potenzreihen sind, die sofort tabuliert werden können.

Ein zweites Integral von (30_1) hat die Form

$$V_2 = \lg\xi \cdot V_1 + \frac{1}{\xi}\mathfrak{P}(\xi) = I_3 + iI_4 \qquad (32)$$

($\mathfrak{P}(\xi)$ = Potenzreihe). Auch hier können die Funktionen I_3 und I_4 tabuliert werden. Wegen (30_1) gelten die Gleichungen

$$\Lambda^*(I_1) = I_2, \quad \Lambda^*(I_2) = -I_1, \quad \Lambda^*(I_3) = I_4, \quad \Lambda^*(I_4) = -I_3,$$

und die Funktionen I genügen also alle der Differentialgleichung (X_1). Sonach ist

$$V = c_1 I_1 + c_2 I_2 + c_3 I_3 + c_4 I_4, \qquad (33)$$

und nach (IX)

$$\left.\begin{aligned} W &= -i\Lambda^*(V) = \\ &= -i[c_1 I_2 - c_2 I_1 + c_3 I_4 - c_4 I_3], \end{aligned}\right\} \qquad (34)$$

womit auch hier das Problem gelöst ist.

Für den in der Spitze geschlossenen Kegel wird wieder $c_3 = c_4 = 0$. Aus der Form der Integrale I_3, I_4 folgt wieder das die Bohrungsspannungen betreffende Resultat, das für die Kugel am Schluß des 6. Abschnitts ausgesprochen wurde.

Die elastische Theorie der Kegelschalen wird erheblich vereinfacht durch den Umstand, daß wesentlich nur die vier rein numerischen Funktionen $I_1 \cdots I_4$ auftreten, die ein für allemal berechnet werden können.

Ich habe die gute numerische Brauchbarkeit der entwickelten Methode erprobt, indem ich eine der bei Stodola[1]) berechneten Schalen (Beispiel 2, S. 601/2) nachrechnete. Weitere Berechnungen unternimmt zurzeit Herr Ing. Dubois.

11.

Ich schließe mit folgender Bemerkung:

Wenn ein Belastungsfall vorliegt, für den nicht sofort eine partikulare Lösung angegeben werden kann, so hat man das inhomogene Gleichungssystem (I'), (II') zu lösen. Für R_1 konstant gibt die Elimination für V eine Gleichung der Form

$$LL(V) + \varkappa^2 V = \varphi(\alpha).$$

Hier ist $\varphi(\alpha)$ eine bekannte, von den Lasten abhängige Funktion. Um sich hiervon ein partikulares Integral V_0 zu verschaffen, suche man eine Funktion $\psi(\alpha)$ aus der Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$L(\psi) - i\varkappa\psi = \varphi$$

zu bestimmen. Dann kann man für V_0 ansetzen

$$L(V_0) + i\varkappa V_0 = \psi,$$

welche Gleichung wieder von der zweiten Ordnung ist. Das Problem ist also auch in diesem Falle reduzibel.

1) Stodola, loc. cit.

Zürich, 1. März 1913.

(Eingegangen 3. März 1913.)

Nutzbarmachung der Drehungswinkel bei Meßinstrumenten (hochempfindliches Relais).

Von H. Rohmann.

Es soll im folgenden eine Anordnung beschrieben werden, welche es gestattet, die Drehungswinkel empfindlicher Meßinstrumente nutzbar zu machen, ohne daß dabei die Empfindlichkeit des messenden Systems merklich herabgesetzt wird. In einer am beweglichen System angebrachten Spule wird ein Wechselstrom induziert, dessen Intensität von der Stellung abhängig ist, und der die Arbeitsleistung übernimmt. Er durchfließt je nach dem verlangten Zweck ein Hitzdrahtinstrument und gibt dort einen von der Stellung des ursprünglichen Systems abhängigen Ausschlag, oder betätigt ein Relais, eine Schreibvorrichtung oder ähnliches. Die Kräfte, welche der Wechselstrom hervorzubringen vermag, sind außerordentlich groß gegen diejenigen, welche das ursprüngliche System bewegen.

Es wird dazu an dem beweglichen System des Meßinstrumentes eine Spule II befestigt, so daß sie sich mit ihm zugleich dreht; sie befindet sich dabei in dem Wechselmagnetfeld einer festen Spule I (Fig. 1). Die Stellung,

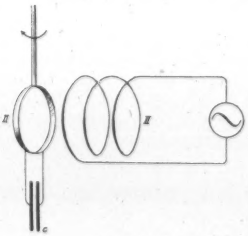


Fig. 1.

welche die Windungsebene von II gegen die Kraftlinien des durch einen Wechselstrom bestimmter Frequenz in I gelieferten Feldes einnimmt, bedingt die Größe der in II induzierten EMK.

Die Spule II ist nun geschlossen durch einen Kondensator, dessen Kapazität so gewählt ist, daß der entstandene Kondensatorkreis auf die Frequenz des Wechselfeldes abgestimmt ist. Dann ist der in ihm induzierte Strom i_2 gerade um 90° phasenverschoben gegen denjenigen (i_1) in I, und die elektrodynamischen Kräfte zwischen den beiden Spulen, welche $i_1 i_2$ proportional sind, werden Null.

Bei abgestimmtem Kreis erhält man also: Maximale Energieübertragung und zu gleicher Zeit die Übertragung so, daß dabei keine Kräfte auftreten. Der im Kondensatorkreis induzierte Strom ist abhängig von der Stellung von II gegen die Kraftlinien. Wird als Nullstellung der Spule diejenige mit zu den Kraftlinien paralleler Windungsebene genommen, so wird der Strom einfach proportional (für kleine Verdrehungen) dem Drehungswinkel, der wegen des Fehlens der elektrodynamischen Kräfte derselbe ist, wie ihn das ursprüngliche messende System für sich geben würde.

Übrigens kann man die bei geringer Verstimmung auftretenden elektrodynamischen Kräfte sogar nützlich verwenden, um das messende System empfindlicher zu machen, es gewissermaßen zu astasieren.

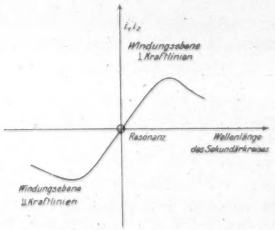


Fig. 2.

Fig. 2 gibt den Verlauf der Werte $i_1 i_2$ als Funktion der Wellenlänge des Kondensatorkreises wieder; ihnen proportional sind die Kräfte[1]). Für Resonanz geht die Kurve durch Null. Für kleine Verstimmungen nach beiden Seiten hat sie verschiedenes Vorzeichen. Und zwar entspricht kleineren Wellenlängen des Kondensatorkreises eine Kraft, die die Windungsebene der Spule II senkrecht zu den Kraftlinien von I zu stellen sucht, also den vorhandenen Winkel der Spule mit den Kraftlinien zu vergrößern strebt.

Nun hat man bei allen Meßinstrumenten die mechanische Richtkraft der Aufhängung, welche das messende System und damit die Spule in die Nullage zurückzuziehen sucht mit einer der Entfernung aus der Ruhelage proportionalen Kraft. Gibt man dem Kondensatorkreis kleinere Wellenlänge, als der Resonanz entspricht, so hat man also elektrodynamische Kräfte, welche aus der Ruhelage herausdrücken, und zwar (für kleine Winkel) mit einer der Entfernung aus der Ruhelage proportionalen Kraft. Die beiden Richtkräfte werden sich also ganz oder teilweise aufheben.

1) Diese Kräfte auf Kondensatorkreise wurden zuerst beobachtet von P. Lebedew. Wied. Ann. **52**, 621, 1894.

Experimentell wurde die Methode ausgeführt mit einem Drehspulgalvanometer als messendem System, dessen Ausschlagswinkel nutzbar zu machen waren.

Das Instrument war ein Hartmann & Braunsches, mit Spiegelablesung, in empfindlicher Ausführung.

Je nach der eingesetzten Drehspule war die Schwingungsdauer 3 bzw. 6 sec. Die Aufhängung bildet ein dünnes Metallband.

An der Spulenachse ist, wie in Fig. 3 schematisch gezeichnet, eine kleine kreisförmige

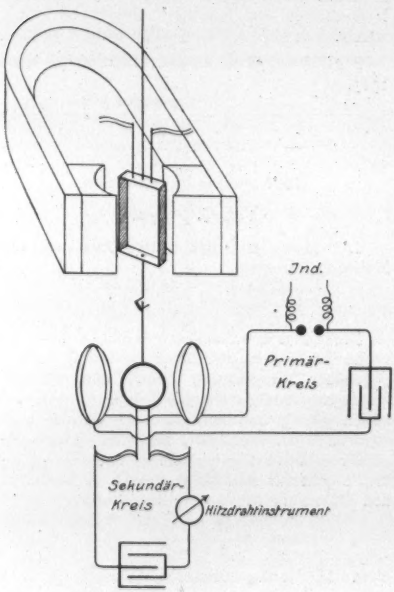


Fig. 3.

Spule II aus 0,1 mm starkem Kupferdraht, von 2 cm Durchmesser, befestigt. Dünne Silberbänder vermittelten die Stromzuführung, ähnlich wie bei der Drehspule selber. Das Trägheitsmoment der angehängten Spule ist klein gegen das der Drehspule und vermehrt die Schwingungsdauer nur wenig (von 3 auf 3,5 sec). Die Selbstinduktion betrug ca. 150000 cm.

Die Enden der Spule waren mit einem Glasplattenkondensator von ca. 30000 cm verbunden, dem zur feineren Abstimmung ein Drehkondensator ($1^0 =$ ca. 30 cm) parallel geschaltet war.

Im Kreis befand sich ein Hitzdrahtgalvanometer, Skala eingeteilt in Watt, Meßbereich bis $^1/_{10}$ Watt, entsprechend einer Stromstärke von etwa $^1/_{10}$ Amp.

Zur Erzeugung des Magnetfeldes dienten zwei vertikalstehende kreisförmige Spulen von 4 cm Durchmesser, die zusammen ebenfalls eine Selbstinduktion von ca. 150000 cm hatten.

(Ihr Durchmesser war viel größer als der von Spule II, ebenso war der Abstand groß, um etwaige elektrostatische Wirkungen auszuschließen. Bei der zweiten Ausführung, von der unten die Rede ist, waren diese Maße kleiner und man hatte infolgedessen eine bessere Ausnützung der primären Energie.)

Der Wechselstrom bestimmter Frequenz in Spule I wurde dadurch erzeugt, daß man die Spule durch einen ähnlichen Glasplattenkondensator wie oben zu einem Kondensatorkreise schloß, der mittels einer Funkenstrecke (Magnesiumelektroden, Funkenlänge 1 mm) und eines kleinen Klingelfußschen Induktors (12 cm Schlagweite, mit Hammerunterbrecher) zu Schwingungen angeregt wurde.

Es wurde nun zunächst untersucht, wie weit es mit genügender Konstanz zu erreichen ist, daß die Energieübertragung ohne elektrodynamische Kräfte stattfindet. Es wurde dazu durch Verdrehen des Torsionskopfes das bewegliche System so eingestellt, daß Spule I und II sich gegenseitig induzierten und dann der Kondensatorkreis zu Schwingungen erregt. Je nach der Abstimmung erfährt das bewegliche System eine Drehung im einen oder im anderen Sinne. Die Abstimmung, die man durch Einstellen auf das Verschwinden dieser Ablenkung erhält, ist sehr scharf. Bei der Gesamtkapazität von ca. 30000 cm genügte eine Verstimmung um einige Grad des Drehkondensators ($1^0 = {}^1/_{10}$ Proz.), um Kräfte hervorzurufen, welche sehr groß waren gegen die Richtkraft der Aufhängung.

War aber die richtige Abstimmung erzielt, so blieb sie mit genügender Genauigkeit konstant, und das messende System stand vollständig ruhig. (Die Beobachtung geschah mit Spiegel und Skala in 1 m Entfernung durch Projizieren eines Nernstfadens.)

Es war dazu nötig, den Gang des Hammerunterbrechers und die Funkenlänge gehörig einzuregulieren. Ein geeigneterer Unterbrecher, oder die Verwendung von Stoßerregung wird es ermöglichen, noch bessere Konstanz zu erzielen. Immerhin wurde auch bei der beschriebenen Anordnung der Ausschlag des Systems höchstens um einige Prozent geändert, wenn der Kondensatorkreis erregt wurde und die Ablesung am Hitzdrahtgalvanometer etwa $^1/_{10}$ Watt betrug. Mit derselben Genauigkeit blieb der

Ausschlag konstant. Für die meisten praktischen Zwecke ist das ausreichend.

(Bei der Verwendung von kontinuierlichen Schwingungen, die nach der Lichtbogenmethode hergestellt wurden, war eine ähnliche Konstanz nicht zu erzielen, auch dann nicht, als statt der großen Kapazitäten etwa 10 mal kleinere verwandt wurden. Die Schwankungen der Frequenz blieben eben größer, als es der benötigten Genauigkeit entspricht.)

Wurde nun die Nullstellung des beweglichen Systems so gewählt, daß die Windungsebene der Spule II den Kraftlinien parallel war und durch die Drehspule des Galvanometers Strom geschickt, so gab das System Ausschläge, welche bis auf einige Prozent gleich waren bei geöffnetem und geschlossenem Kondensatorkreis und für den letzteren Fall schlug das Hitzdrahtgalvanometer dem Drehungswinkel entsprechend aus. Da seine Ausschläge dem Quadrat der Stromstärke proportional sind, so wachsen seine Ausschläge unverhältnismäßig schneller als die des beweglichen Systems.

Die Tabelle gibt in der ersten Reihe die durch das Drehspulengalvanometer gehenden Ströme, in der zweiten die Ablenkungen der Drehspule und in der dritten die Ausschläge des Hitzdrahtgalvanometers.

$i \cdot 10^{-7}$	Ablenkung der Drehspule	Ausschlag des Hitzdrahtgalv. $\cdot 1/_{19}$ Watt
0	0	0
1	11	0,01
5	54	0,27
8	88	0,77

Wurde nun die Kapazität des Sekundärkreises um 30 cm verkleinert, so daß eine Astasierung der Richtkraft eintrat, so beobachtete man (neben entsprechender Vergrößerung der Schwingungsdauer) folgende Ausschläge:

$i \cdot 10^{-7}$	Ablenkung der Drehspule	Ausschlag des Hitzdrahtgalv.
0	0	0
1	13	0,01
2	49	0,23

Auch bei diesem astasierten System waren die Ausschläge noch recht konstant.

Bei meiner Anordnung konnte ich in der Größe der übertragenen Energie nicht wesentlich weiter gehen, da die dünnen Silberbänder, welche die Stromzuführung vermittelten, bei etwa $1/_2$ Ampere durchbrennen. Immerhin sind auch bei der vorhandenen Einrichtung wesentlich größere Kräfte verfügbar, als es die ursprünglichen, die Drehspule bewegenden sind. Das Hitzdrahtgalvanometer vermag mit großer Sicherheit einen Kontakt zu schließen, was mit der Drehspule selber unmöglich wäre. Die Anordnung stellt also wohl **das empfindlichste Relais** dar.

Ferner läßt sich die Bewegung der Drehspule unter Umgehung der Spiegelablesung am Hitzdrahtgalvanometer beobachten, und bei geeigneter Einrichtung kann diese Ablesung schärfer als die optische gemacht werden, oder sie kann durch eine am Zeiger des Hitzdrahtinstrumentes angebrachte Schreibvorrichtung, welche dort nicht hindert, aufgezeichnet werden.

Straßburg/Els., Physik. Institut, 3. März 1913.

(Eingegangen 3. März 1913.)

Über Molekularrefraktion.

Von G. Pólya.

Der ältere und der neuere Ausdruck der Molekularrefraktion

$$\frac{M(n-1)}{d}, \quad \frac{M n^2 - 1}{d \; n^2 + 2}$$

(M bezeichnet das Molekulargewicht, d die spezifische Dichte, n den Brechungsindex), haben gegenüber Temperatur-, Druck- und eventuell Aggregatzustandsänderungen eine gewisse Invarianz gezeigt und bewährten sich bei Mischung oder auch bei chemischer Reaktion als eine ungefähr additive Eigenschaft. Der neuere Ausdruck geht für sehr lange elektrische Wellen in den Clausius-Mossottischen Ausdruck

$$\frac{M}{d}\frac{D-1}{D+2}$$

über. (D ist die Dielektrizitätskonstante.)

Ich will im folgenden die elektrische und thermodynamische Bedeutung des naheverwandten Ausdrucks

$$\frac{M}{d}\frac{D-1}{D}$$

untersuchen, sowohl für eine einheitliche Substanz, wie auch für mehrere Substanzen, die durch chemische Reaktion ineinander übergehen können.

Die Dielektrizitätskonstante D betrachte ich als durch elektrostatische Versuche bestimmt.

Das gedachte Instrument, mit dem wir Versuche anstellen wollen, ist folgendes: der untersuchte Stoff sei in einen unendlich flachen, geraden Kreiszylinder verschlossen; dieser ruht zwischen Kondensatorplatten, die den Stempeln

parallel und kongruent sind; die Achse des Kreiszylinders geht auch durch den Mittelpunkt der Kondensatorplatten.

Der Zylinder hat natürlich vollständig schließende und reibungslose Stempel, seine Form und Größe ist durch irgendeine Art von Wirkung nicht zu verändern, die Dielektrizitätskonstante seines Materials kann beliebig nahe an die Einheit gebracht werden usw.

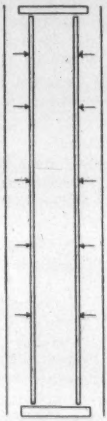


Fig. 1.

Endlich kann das Verhältnis der Radiuslänge zum Abstande der Kondensatorplatten so groß angenommen werden, daß alle aus den Kondensatorplatten auslaufenden Kraftlinien merklich durch den in dem Zylinder verschlossenen Stoff dringen, und ebenso merklich parallel sind, derart, daß, wenn wir uns einen Teilzylinder von 1 cm² Basisfläche und mit Erzeugenden, die denen des großen Zylinders parallel sind, aus diesem herausgeschnitten denken, die thermischen und elektrischen Eigenschaften dieses Teilzylinders dieselben bleiben, wo wir auch seine Basen an den Kondensatorplatten wählen; seine Energieänderungen stehen also in einem festen Verhältnis zu den Energieänderungen des ganzen Systems, nämlich im Verhältnis 1 zu F, wenn F den Flächeninhalt der ganzen Kondensatorplatte oder eines ihr kongruenten Stempels bedeutet; kurzum, es genügt nur so einen Teilzylinder zu betrachten.

An einer Kondensatorplatte dieses Teilzylinders von der Grundfläche 1 cm² sei die elektrische Ladung σ, dann wird sie auf der anderen $-\sigma$ sein; die Potentialdifferenz zwischen den beiden Platten wollen wir mit V bezeichnen.

Das Dielektrikum zwischen den Kondensatorplatten kann sich nur parallel den Erzeugenden ausdehnen, indem es unter verschiedenen Drucken und Temperaturen einen Zylinder von verschiedener Höhe bildet und seine Grundfläche sich selbst gleich bleibt, d. h. vom Inhalt 1 cm²; wenn wir also nur einen nach allen Richtungen gleichen hydrostatischen Druck anwenden wollen, so sind feste Dielektrika von der Betrachtung auszuschließen.

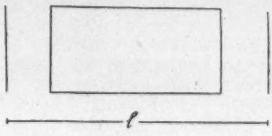


Fig. 2.

Ist also die Masse dieses Dielektrikums M, seine spez. Dichte d, so nimmt es eine $\frac{M}{d}$ lange Strecke zwischen den beiden Kondensatorplatten ein. Nennen wir also D die Dielektrizitätskonstante, so wird

$$V = 4\pi\sigma\left(l - \frac{M}{d}\right) + 4\pi\sigma\,\frac{1}{D}\,\frac{M}{d}$$
$$= 4\pi\sigma\left(l - \frac{D-1}{D}\,\frac{M}{d}\right)$$

(l ist der Abstand der Kondensatorplatten).

Besteht das Dielektrikum aus Schichten verschiedener Stoffe (einerlei, ob diese Schichten sich berühren oder nicht), so ist der Ausdruck der Potentialdifferenz:

$$V = 4\pi\sigma\left(l - \sum \frac{D_i - 1}{D_i}\,\frac{M_i}{d_i}\right).$$

In unserem Instrument ist $\sigma = P$, wo P die Polarisation (dielectric displacement) bedeutet; P ist von derselben Richtung und Größe in allen inneren Punkten unseres Instruments.

Wir werden mit dem das Dielektrikum bildenden Stoff (oder mit den Stoffen) gewisse (isotherm und reversibel sich abspielende) Reaktionen vornehmen; die Reaktionen von mehr physikalischer Natur, wie Verdampfung, Lösung usw. mit einbegriffen. So eine isotherm-reversible Reaktion ist vollständig bestimmt, wenn wir wissen

1. welche Stoffe, in welcher Menge und
2. in welcher Konzentration

im Anfang- und im Endzustande vorhanden sind.

Nachdem unser Instrument so eingestellt ist, machen wir den Kreisprozeß:

I. Wir entladen die Kondensatoren auf irgendeine reversible Art, wobei die Arbeit

$$\int_0^{\sigma} V d\sigma = \frac{V\sigma}{2} = \frac{VP}{2} = 2\pi P^2 \left(1 - \sum \frac{D_i - 1}{D_i} \frac{M_i}{d_i}\right)$$

verrichtet wird; wir sorgen inzwischen dafür, daß das Dielektrikum seine Konzentration nicht ändert, indem wir die Drucke auf passende Weise verändern, die abnehmende Wirkung der Elektrostriktion immer kompensierend; auf solche Weise wird das Dielektrikum auf konstantem Volumen gehalten, und die gesamte, vom System gelieferte Arbeit ist die elektrische, die wir eben ausgewertet haben.

II. Wir lassen jetzt die beabsichtigte Reaktion auf reversiblem Wege abspielen, die Reaktion, die das Dielektrikum aus einem γ-Verteilungs- und Konzentrationszustand in einen γ'-Verteilungs- und Konzentrationszustand befördert; in Erinnerung, daß diese Reaktion sich bei einer Elektrostriktion $P = 0$ abspielt, setzen wir die Reaktionsarbeit A_0.

III. Wir bringen jetzt die elektrische Menge σ zurück, indem wir das Dielektrikum, die Wirkungen der Elektrostriktion mit Druckänderungen kompensierend, in dem Zustand γ behalten; die vom System gelieferte Gesamtarbeit ist

$$\int_0^{\sigma} V d\sigma = -\frac{V'\sigma}{2} = -\frac{V'P}{2} = \\ = -2\pi P^2 \left(1 - \sum \frac{D_i' - 1}{D_i'} \frac{M_i'}{d_i'}\right),$$

wo sich die Striche ersichtlicherweise auf den Zustand γ' beziehen.

IV. Wir kehren jetzt die Reaktion um und erhalten vom System, das vom Zustande γ' in den Zustand γ unter Elektrostriktion P zurückgekehrt ist, die Arbeit $-A_P$.

Und so sind wir in den Anfangspunkt zurückgelangt, in den Verteilungs- und Konzentrationszustand γ, zu der Elektrostriktion, die der Polarisation P entspricht.

In den Prozessen I und III war Konzentration und Verteilung konstant und die elektrische Menge veränderlich, in II und IV die elektrische Menge konstant und die Konzentration veränderlich; in I und III wurde eben darum nur elektrische Arbeit verrichtet, die aber in beiden Fällen verschieden ausfiel, wegen der verschiedenen Beschaffenheit des Dielektrikums in den beiden Fällen; in II und IV wurde nur chemische Arbeit (Druckarbeit) verrichtet, die aber auch verschieden unter verschiedener Elektrostriktion ausfallen mußte, wenn die Arbeiten I und III verschieden waren.

Wegen der isotherm-reversiblen Beschaffenheit des Prozesses ist nämlich die Summe aller Arbeiten Null:

$$\frac{V\sigma}{2} + A_0 - \frac{V'\sigma}{2} - A_P = 0,$$

oder anders

$$A_P = A_0 + \frac{V\sigma}{2} - \frac{V'\sigma}{2}.$$

Qualitativ bedeutet die Gleichung, daß die Reaktion, d. h. die Veränderung von γ in γ', mit mehr oder weniger Arbeitsleistung unter Elektrostriktion vor sich geht, als ohne Elektrostriktion, je nachdem durch die Reaktion die elektrische Energie abnimmt oder zunimmt; oder anders, da die im idealen Grenzfalle zu verrichtende reversible maximale Arbeit ein Maß für die Avidität der tatsächlich eintretenden Vorgänge abgibt, in einem elektrischen Spannungsraum wird die Reaktion beschleunigt oder verlangsamt vor sich gehen, je nachdem durch ihr Zustandekommen der Betrag der elektrischen Energie fällt oder steigt.

Quantitativ bedeutet die Gleichung, daß die Differenz der beiden chemischen Arbeiten gleich ist der Differenz der beiden elektrischen Energiegehalte.

Das dürfte wohl im allgemeinen Fall ebenso stimmen, wo der Ausdruck der elektrischen Energie

$$2\pi \iiint_T P^2 dx\,dy\,dz - 2\pi \iiint_\tau P^2 \frac{D-1}{D} dx\,dy\,dz$$

lautet, falls T den ganzen dielektrischen Raum und τ diesen Teil desselben bezeichnet, welcher mit ponderabler Materie gefüllt ist. Nur im allgemeinen Falle wird die Ausdehnung des Dielektrikums noch andere Arbeit mit sich ziehen, als die gegen den hydrostatischen Druck verrichtete; letztere wird eben vermehrt oder verringert, je nachdem der Körper von Stellen größerer Polarisation nach Stellen kleinerer Polarisation wandert oder umgekehrt; um dieser Komplikation auszuweichen, haben wir unsere etwas künstliche Maschine erfunden.

Nach den expliziten Ausdrücken der Potentiale ist

$$\frac{A_P - A_0}{2\pi P^2} = \sum \frac{D_i' - 1}{D_i'} \frac{M_i'}{d_i'} - \sum \frac{D_i - 1}{D_i} \frac{M_i}{d_i}.$$

Ist das Ergebnis der Reaktion ein einziger Körper, und wäre das Gesetz der Molekularrefraktion, mit dem Ausdruck $\frac{D-1}{D}\frac{1}{d}$ als spezifische Refraktion, streng gültig, so wäre die Quantität linker Hand gleich Null. Die Quantität linker Hand aber bedeutet den Unterschied der beiden Arbeiten, die dieselbe Reaktion, d. h. die Veränderung vom Konzentrations- und Verteilungszustand γ in den Zustand γ', liefert, wenn sie einmal ohne Elektrostriktion und einmal unter der Elektrostriktion 1 verläuft, beidemal isotherm und reversibel; Arbeiten sind in C.G.S. gerechnet, und unter Elektrostriktion 1 verstehe

ich den Zustand, wenn die elektrische Energie in einem cm³ des Vakuums 1 erg beträgt, d. h.

$$2\pi P^2 = 1.$$

Ich glaube, schon unser Wissen von heute erlaubt den Schluß, daß die Größe

$$\frac{A_P - A_0}{A_0}$$

von der Größenordnung

$$\frac{\text{erg}}{\text{kleine Kalorie}} = \frac{1}{4{,}18 \cdot 10^7}$$

ist, also kaum je direkt bestimmbar.

Man könnte (nach gewohnter Art) mittels eines Kreisprozesses zwischen zwei unendlich benachbarten Temperaturen einen Ausdruck für

$$\frac{d}{dT}\left(\sum \frac{D_i' - 1}{D_i'}\frac{M_i'}{d_i'} - \sum \frac{D_i - 1}{D_i}\frac{M_i}{d_i}\right)$$

finden, d. h. für die Beeinflussung des Unterschiedes der Molekularrefraktionen zweier aus denselben Elementen bestehenden Stoffsysteme durch die Temperatur.

(Eingegangen 21. Februar 1913.)

Ein kleiner Zusatz zu dem Artikel von O. Lummer, „Stäbchensehen in klarer Sternennacht (Stäbchenweißer Sternenglanz)".

Von Boris Weinberg.

Sehr ähnliche Beobachtungen, wie die, welche O. Lummer über das Stäbchensehen in dieser Zeitschrift (**14**, 97, 1913) beschrieben hat, kann man in mehr prosaischer Umgebung — in jedem sehr schwach durch äußeres Licht erhellten Zimmer — anstellen, wenn man ein schwach leuchtendes Objekt — z. B. eine „Radiumuhr" — ansieht.

Man beobachtet in derselben Weise das allmähliche „Erwachen" der Stäbchen nach dem Erlöschen einer hellen Lichtquelle (z. B. einer elektrischen Lampe): allmählich übergießt sich das ganze Zimmer mit weißlichem Lichte; allmählich erscheinen viele Objekte — doch farblos („la nuit tous les chats sont gris"); die punktförmigen und lichtschwachen Lichtflecken des leuchtenden Radiumpräparats neben den Ziffern und auf den Uhr- und Minutenzeigern wandeln sich um in farblose, glänzende, sternenähnliche, etwas flackernde Gegenstände. Sehr interessant ist die Rückverwandlung dieser Sternchen in glanzlose Lichtpunkte beim Fixieren derselben und die Wanderung dieser Lichtpunkte um das Zifferblatt bei abwechselndem Fixieren von verschiedenen Ziffern.

Erwähnen möchte ich noch das allmähliche Auslöschen dieses silbernen Glanzes und das Auftreten der Farben der farbigen Objekte — erst undeutlich und allmählich mehr und mehr ausgeprägt — bei Zunahme der Beleuchtung — z. B. bei Dämmerung.

Tomsk, Technologisches Institut, 11./24. Februar 1913.

(Eingegangen 6. März 1913.)

BESPRECHUNGEN.

H. E. Timerding, Die Theorie der Kräftepläne. Eine Einführung in die graphische Statik. VI u. 99 S. mit 46 Textfiguren. (Heft 7 der mathematisch-physikalischen Schriften für Ingenieure und Studierende herausgegeben von E. Jahnke.) Berlin u. Leipzig, B. G. Teubner. 1910. M. 2.60, geb. M. 3.—

Das Büchlein zeichnet sich durch eine klare und sehr anschauliche Sprache vorteilhaft aus. Es ist ebenso für den Mathematiker wie für den Techniker geschrieben, für jenen als Einführung in die von Physikern, wie Maxwell, und von Geometern, wie Cremona und Steiner begründeten Theorien der graphischen Statik, für diesen als theoretische Ergänzung seiner praktischen Studien. Dem Geschmack des Technikers trägt der Verfasser Rechnung, indem er, ein Minimum an mathematischen Vorkenntnissen voraussetzend, überall von rein praktischen Fragen ausgeht. Den Mathematiker dürften die eingestreuten topologischen Bemerkungen, die Schärfe der Beweisführung sowie vor allem die eleganten Ausführungen über das Nullsystem und seine Anwendungsmöglichkeiten als Bindeglied zwischen Fachwerk und Kräfteplan interessieren. Zudem zeigt das Büchlein eine wohltuende Geschlossenheit vermöge der Beschränkung auf ebene, und zwar statisch (und kinematisch) bestimmte Systeme.

Nachdem der Verfasser in den beiden ersten Kapiteln die Begriffe Kräfteplan und Seileck an Beispielen erläutert hat, dringt er im 3. Kapitel, teils auf analytischem, teils auf synthetischem Weg, ein in die Elemente der Theorie der Möbiusschen Nullsysteme, deren statische Bedeutung aus dem 4. Kapitel ersichtlich wird. Das 5. Kapitel bringt den Begriff des Fachwerks, an den sich dann sofort der Fundamentalsatz der Resultantenbildung beliebiger Kräfte anschließt (Eddysches Verfahren). Anhangsweise folgt als 6. Kapitel die Theorie gewisser Dreiecksfachwerke. Im 7. Kapitel werden die analytischen Kriterien für die kinematische und statische Bestimmtheit eines Fachwerks aufgestellt und wird der Schursche Begriff des er-

weiterten Fachwerks eingeführt. Das 8. Kapitel führt auf den Höhepunkt der Ausführungen, indem jetzt der Zusammenhang zwischen Fachwerk und Nullsystem in seiner Allgemeinheit klargelegt wird. Das 9. Kapitel gibt eine Zusammenfassung des Kernes; daran schließen sich einige kleine Erweiterungen an, als deren interessanteste das Hauckschе Polarsystem noch diskutiert wird.

Sehr dankenswert ist das angehängte Literaturverzeichnis, das mit ziemlicher Vollständigkeit dem Anfänger die Wege zu weiterer Orientierung weist. Vielleicht hätten die Bücher über graphische Statik von v. Ott, P. Killmann und W. Keck beigefügt werden können. — In Fig. 13 fehlt der Punkt E.

Hierdurch soll jedoch die rückhaltlose Anerkennung nicht eingeschränkt werden, die der Verfasser dafür verdient, daß er die vorgetragenen Theorien einmal im Zusammenhange dargestellt hat.

R. Grammel.

Luftfahrt und Wissenschaft. In freier Folge herausgegeben von Jos. Sticker. Schriftleitung und Verwaltung der Stiftungen: Professor A. Berson, Dipl.-Ing. C. Eberhardt, Gerichts-Assessor J. Sticker, Professor Dr. R. Süring, Wirkl. Geh. Ober-Baurat Dr. H. Zimmermann. Lex. 8°. Berlin, Julius Springer. 1912. Heft 2 u. 3. M. 5.—

Die zwanglos erscheinenden Hefte sollen nicht spezielle Probleme der Luftfahrt selbst behandeln. Vielmehr wird die Befruchtung, welche die sich so außerordentlich entwickelnde Luftfahrt auf alle anderen Zweige der Wissenschaft ausübt, von Vertretern dieser Wissenschaften geschildert werden. Die Sammlung soll aber auch die Veröffentlichung spezieller Untersuchungen ermöglichen, welche in Zeitschriften nur in gekürzter Form erscheinen könnten. Die einzelnen Hefte kommen durch Sonderstifter zustande, wodurch auch ihr Preis verhältnismäßig niedrig ist.

Heft 2 enthält: Experimentelle Untersuchungen aus dem Grenzgebiet zwischen drahtloser Telegraphie und Luftelektrizität. Von M. Dieckmann, Privatdozent an der Techn. Hochschule München. I. Teil, Die Empfangsstörung, VI u. 73 S. Mit 56 Abbildungen. M. 3.—. Die wichtigsten Störungen bei der drahtlosen Telegraphie sind 1. die Empfangsstörung, d. h. das von der Tageszeit und der Witterung abhängige Rauschen im Telephon, welches die zu empfangenden Zeichen manchmal bis zur Undeutlichkeit überdeckt, und 2. die Reichweiteänderungen, welche bekanntlich ebenfalls von Tages- und Jahreszeit sowie Witterung abhängig sind. Es liegt nahe, den Grund der Erscheinungen in der Luftelektrizität zu suchen.

Die Versuche wurden in Gräfelfing bei München ausgeführt, wo der Verfasser eine drahtlose Station mit zwei Antennen und mehreren Schuppen, darunter einen für einen größeren Kollektorballon, errichtete. Die Störung der Kraftlinien des Erdfeldes durch Antennen verschiedener Form wurde zunächst mit Hilfe des Kollektorballons in der Umgebung der Antenne ermittelt. Solche Versuche wurden ferner mit Laboratoriumsmodellen unter Verwendung eines Wasserstrahlkollektors ausgeführt mit Benutzung einer früher von Ebert und Lutz für Luftschiffmodelle angewandten Einrichtung. Auch Luftschiffmodelle mit Sendern wurden untersucht. Eine Linearantenne sammelt so viel Kraftlinien auf sich, als ohne dieselbe auf einem Querschnitt $l^2\pi/4$ vertikal verlaufen würden, wo l die Höhe der Antenne ist. Hierdurch, ferner durch das Potentialgefälle in der Luft und ihre Leitfähigkeit ist der durch die Antenne fließende Ausgleichsstrom gegeben.

Die Leitfähigkeit in der Luft in nächster Umgebung der Antenne wurde besonders untersucht, und zwar durch Kernstock, teilweise in der Technischen Hochschule München. Infolge der radioaktiven Induktionen auf den Antennendrähten ist die Leitfähigkeit in einem Zylindermantel von etwa 5 cm Dicke (Reichweite der α-Strahlung) beträchtlich erhöht. Es wurde hierbei das interessante Resultat gefunden, daß sich Antennendrähte, welche nur dem Erdfeld ausgesetzt sind, beträchtlich höher aktivieren, als wenn dieselben auch Hochfrequenzwechselströmen ausgesetzt werden. Eine Strahlungsverminderung der Antennen infolge der durch die natürliche Aktivierung vergrößerten Leitfähigkeit der Luft konnte jedoch nicht wahrgenommen werden. Nur bei kleinen Laboratoriumsoszillatoren konnte eine Strahlungsabsorption beobachtet werden, jedoch nur dann, wenn sie mit Hilfe von Polonium weit stärker aktiviert wurden, als es im Freien der Fall sein kann. Eine derartige Störungsquelle ist also in der drahtlosen Telegraphie nicht vorhanden. Der Antennengleichstrom wurde ferner mit Galvanometer und Lichtzeiger photographisch registriert. Er besteht in erster Linie aus dem schon erwähnten Ausgleichstrom, dazu kommt stille Entladung der Antenne durch Kollektorwirkung von Spitzen usw. Letzterer Teil des Stromes muß in hohem Maße vom Potentialgefälle abhängig sein. Der Tagesverlauf des Gesamtstroms geht dem Gang des Potentialgefälles parallel. Die kleinen Schwankungen des Gesamtstroms geben zu den Telephongeräuschen Anlaß. Der Verfasser gibt weiter eine Schutzvorrichtung an, die von erheblicher praktischer Bedeutung werden dürfte. Der Antennendraht wird in einen Faradayschen Käfig gesetzt, der hauptsächlich aus horizontalen Drähten besteht, welche also für ankommende Wellen mit senkrechter elektrischer Kraft ein durchlässiges Hertzsches Gitter bilden. Die notwendige vertikale Verbindung der horizontalen Teile ist durch Spulen schwingungsunfähig gemacht. Eine Drosselspule verbindet den ganzen Schutz mit Erde. Im Telephonhörer zeigten sich nunmehr keine Geräusche, während die von der Antenne aufgefangene Energie, wohl infolge der erhöhten Kapazität, durch die Schutzvorrichtung sogar vergrößert wurde. Die Energiemessungen geschahen mit Brandesscher Thermozelle. Ferner wurden an einer 350 m entfernten Empfangsstation vergleichende Energiemessungen für verschiedene Tageszeiten gemacht. Es zeigte sich tags und nachts kein Unterschied. Der Verfasser zieht daraus den Schluß, daß für die Reichweitenschwankungen nicht Vorgänge in der näheren Umgebung der Antennen, sondern im Zwischenmedium in Betracht kommen. Der zweite Teil der Untersuchung, der seit 1910 in Gang ist, wird sich mit den Reichweiteveränderungen, d. h. den Fernversuchen befassen.

Heft 3 enthält: Zur Physiologie und Hygiene der Luftfahrt. Von N. Zuntz, Prof. der Physiologie an der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. 67 S. Mit 11 Textfiguren. M. 2.—. Die Lektüre des Heftes ist jedem, der Höhenfahrten zu

wissenschaftlichen Zwecken ausführt, dringend zu empfehlen. Ein näheres Referat entspricht nicht dem Rahmen dieser Zeitschrift. M. Reinganum.

M. Weidig, Radioaktive Wässer in Sachsen. IV. Teil. gr. 8. 138 S. m. 23 Abbildungen. Freiberg i. S., Craz & Gerlach. 1912. M. 6.—

Der vorliegende vierte Teil, der sich inhaltlich an die in dieser Zeitschrift (**12**, 1192, 1911) bereits besprochenen ersten drei Teile anschließt, gibt mit ihnen zusammen einen, wie der Verfasser betont, „vorläufigen" Überblick über die Verteilung der Radioaktivität im Königreich Sachsen. Die Ergebnisse der sehr zahlreichen Messungen mögen ein geologisches Interesse haben. Möglicherweise gewinnt die Benutzung einiger neu entdeckter, radioaktiver Quellen später einmal für Heilzwecke eine praktische Bedeutung.

Riesenfeld.

A. A. Michelson, Lichtwellen und ihre Anwendung. Übersetzt und durch Zusätze erweitert von Max Iklé. Mit 108 Abbildungen im Text und 3 farbigen Tafeln. Leipzig, J. A. Barth. M. 7.60, gebunden M. 8.60

Das vorliegende Buch ist die deutsche Übersetzung der bekannten gemeinverständlichen Vorträge von Michelson, deren amerikanische Ausgabe schon früher in dieser Zeitschrift (**5**, 191, 1904) eingehend besprochen ist. Es mag daher hier genügen, auf dieses Buch hinzuweisen, welches vor allem auch die Ergebnisse der Originaluntersuchungen über die Interferenzerscheinungen des Verfassers mit der größten Anschaulichkeit und Einfachheit wiedergibt. Der Übersetzer hat ihm noch einen kurzen Nachtrag beigefügt: „Einige weitere Methoden zur Erzeugung hoher Interferenzen" und außerdem ein Verzeichnis der einschlägigen Literatur seit 1880; es ist zu wünschen, daß diese deutsche Übersetzung bald dieselbe Verbreitung findet wie das Original. F. Krüger.

Mitteilungen der Ukrainischen Gesellschaft der Wissenschaften in Kiew. Naturwissenschaftliche Sektion. Bd. 1. (In kleinrussischer Sprache.) 8. 164 S. Kiew 1911.

Außer einigen technischen und landwirtschaftlichen Arbeiten enthält der vorliegende Band einen Nekrolog für van't Hoff von O. Katschalowski und eine Arbeit von St. Timoschenko über eine Methode zur näherungsweisen numerischen Lösung von Balkenbiegungsproblemen und analogen Aufgaben: es werden die Durchbiegungen in Form von abgebrochenen Reihen nach Orthogonalfunktionen angesetzt und den Koeffizienten solche Werte gegeben, daß die virtuelle Arbeit, welche jeder beliebigen infinitesimalen Variation der Koeffizienten um jene Werte entspricht, gleich Null ist. Dieses Verfahren, das dem von Ritz ersichtlich sehr nahe steht, wird an mehreren Beispielen auf seine Bequemlichkeit und Genauigkeit geprüft.

P. Ehrenfest.

T. Slater Price, Per-Acids and their salts. gr. 8. IV u. 123 S. (Monographs on Inorganic and physical chemistry). London, Longmans, Green and Co. 1912. Gebunden Sh. 3.—

Die Verbindungen, die sich vom Wasserstoffsuperoxyd ableiten, haben in den letzten Jahren infolge ihrer Bedeutung für die Valenztheorie und ihrer praktischen Verwertbarkeit das Interesse der Chemiker und auch weiterer Kreise erregt. Eine Zusammenfassung der äußerst umfangreichen Literatur dieses Gebietes existierte aber bisher noch nicht. Diese Lücke ist durch die vorliegende Monographie wenigstens zum Teil ausgefüllt. Es werden in ihr alle Verbindungen beschrieben, in denen die *OH*-Gruppe des *HO-OH* durch Säureradikale ersetzt ist, also die Peroxysäuren und ihre Salze. Es mag ein schweres Stück Arbeit gewesen sein, aus der Fülle der Publikationen das Richtige herauszusuchen und das Wichtige gebührend zu unterstreichen. Den Verfasser hat ein glücklicher Instinkt hierin im ganzen richtig geleitet. Daher ist das vorliegende Buch für alle, welche diesem Gebiete Interesse entgegenbringen, äußerst wertvoll. Es wäre zu wünschen, daß der Verfasser nun auch die Verbindungen beschreibt, in denen das eine oder beide *H*-Atome des *HO-OH* durch Metalle ersetzt sind, also die Peroxybasen und ihre Salze. Hoffen wir, daß dieser zweite Teil bald dem ersten folgt und sich ihm an gründlicher Durcharbeitung der Materie würdig anschließt. Riesenfeld.

Berichtigung.

In der Arbeit von Burgeß, „Gegenwärtiger Stand der Temperaturskala", sind in Tabelle III (diese Zeitschr. **14**, 156, 1913) folgende Druckfehler zu verbessern: Der Schmelzpunkt des Zinks ist 419,4° und nicht 491,4°, der Siedepunkt des Naphthalins 217,96 und nicht 271,96.

Tagesereignisse.

Preisaufgaben der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft für die Jahre 1913 und 1914. 1. Für das Jahr 1913: Wie lautet, in der Theorie des Newtonschen Potentials, für das durch die Methode der reziproken Radien aus dem Ellipsoid entstehende Ovaloid derjenige Satz, der dem C. Neumannschen Satze (in den Abhandlungen der Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften vom Jahre 1909) analog ist? 2. Für das Jahr 1914: Es sind die Dielektrizitätskonstante und die lösenden und dissoziierenden Eigenschaften des flüssigen Fluorwasserstoffes zu untersuchen und die erhaltenen Resultate mit den bestehenden Theorien der elektrolytischen Dissoziation in Verbindung zu bringen.

Der Preis für jede gekrönte Abhandlung beträgt M. 1500.—. Die Einlieferung hat jeweilig bis zum 31. Oktober 1913 bzw. 1914 zu erfolgen.

Der Jahresbericht, der ausführlichere Mitteilungen über die gestellten Preisaufgaben enthält, ist durch den Sekretär der Gesellschaft (für das Jahr 1913 Herr Geh. Hofrat Professor Dr. Otto Wiener, Direktor des physikalischen Instituts der Universität, Leipzig, Linnéstraße 4) zu beziehen.

Personalien.

Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Der Privatdozent für reine und angewandte Mathematik an der Universität Königsberg Dr. Ludwig Bieberbach zum a. o. Professor der Mathematik an der Universität Basel, der ord. Professor der Experimentalphysik an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Friedr. Bolezalek zum Direktor des elektrochemischen Instituts an derselben Hochschule.

Verliehen: Dem Chemiker am Laboratorium der internationalen Meeresforschung Dr. Ernst Ruppin in Kiel und dem Assistenten am chemischen Laboratorium der Universität Freiburg i. B. Dr. J. Horvitz der Titel Professor.

Gestorben: Der ord. Professor der Chemie an der Universität Budapest Dr. Béla v. Lengyel, der ord. Honorarprofessor an der Universität Berlin und frühere ord. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Berlin Geheimrat Dr. Adolf Slaby (am 6. April), der ord. Professor der allgemeinen Chemie an der Universität Löwen Dr. Louis Henry (am 9. März).

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1913.

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik II: Atomdynamik, Optik, Thermodynamik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Wendt); a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen (Dissertationen), tägl. — **Seitz**: Theoretische Physik: Theorie der elektrischen Schwingungen und elektromagnetische Lichttheorie, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Wärme, Schall, Licht, 2. — **Polis**: Klimatologie, 2; Meteorologische Technik, mit Übungen. — **Steubing**: Photographie I und II für Anfänger und Fortgeschrittene, 1, Übungen, 3; Theorie der Wärmestrahlung, 1. — **Grotrian**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Elektrische Bahnen, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2, Übungen, 2; Elektromotorische Antriebe in Berg- und Hüttenwerken, 2. —

Bredt: Organische Experimentalchemie I, 4; Allgemeine Übersicht über die organische Chemie, 2; Organisches Praktikum (mit Lipp und Amann). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Clören, Fischer, Scheen, Schleicher und Wolf); Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie II, 2, IV, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron). — **Ruer**: Physikalische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1; Übungen in physikalischer Chemie für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene; Allgemeines hüttenmännisches Praktikum, 3. — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Fischer**: Maßanalyse, 1; Spezielle Elektrochemie, 1. — **Lambris**: Technologie der Stickstoffverbindungen. — **Levy**: Chemie des Harnstoffs und des Zuckers, 1. —

Blumenthal: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2 *g*. — **Hamel**: Höhere Mathematik III, 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1. — **v. Kármán**: Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 3. — **Kötter**: Darstellende Geometrie II, 2, Übungen, 2; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 2. — **Haußmann**: Markscheiden und Feldmessen II, 3, Übungen (mit Wandhoff und Holzapfel), 1 Tag; Ausgleichungsrechnung, 1, Übungen, 2. — **Wandhoff**: Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. —

Universität Basel.

Hagenbach: Experimentalphysik I, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger (mit Veillon), 8; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Demonstrationsversuche, 1. — **Veillon**: Vektoranalysis, 2. — **Zickendraht**: Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie (ev. mit Exkursionen), $1^1/_2$. —

Rupe: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemisches Vollpraktikum für organische Chemie, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Fichter, Bernoulli und Obermiller), 1 *g*. — **Fichter**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9; Chemisches Vollpraktikum: Anorganische und elektrochemische Übungen und Arbeiten, tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Bernoulli**: Thermochemie und neuere Methoden der Temperaturmessung, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Spektralchemisches Praktikum, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Gebiete der physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Obermiller**: Brenn- und Leuchtstoffe, 2. —

N. N.: Differential- und Integralrechnung II, 4; Kursusvorlesung, 4; Proseminar: Übungen zur Integralrechnung, 1 *g*; Mathematisches Seminar (mit Spieß), 1 *g*. — **Riggenbach**: Sphärische Astronomie, 2. — **Spieß**: Analytische Geometrie des Raumes, 4. — **Flatt**: Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung, II, 2; Die Methoden der darstellenden Geometrie, 2. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Mechanik deformierbarer Körper, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik I, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger I und II (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten, 3; Praktikum zur Erlangung von Handfertigkeit für das physikalische Arbeiten (mit Regener), 3. — **Hellmann**: Meteorologische Instrumentenkunde, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*; Meteorologische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Warburg**: Wärmeleitung und andere ausgleichende Vorgänge, 2. — **Schmidt**: Allgemeine Geophysik, 2; Kollektivmaßlehre, 1 *g*. — **Neesen**: Atmosphärische Elektrizität, Gewitter und Blitzableiter, $1^1/_2$. — **Blasius**: Übungen für Mediziner, $3^1/_2$; Übungen, 1 *g*. — **E. Meyer**: Technische Mechanik, 2. — **Weinstein**: Mechanik der starren Körper, 3; Weltentstehung und Weltuntergang, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Verschiedene Abschnitte der theoretischen Physik, 4. — **Leß**: Einführung in die Klimatologie, 1; Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*. — **Börnstein**: Experimentalphysik II, 5; Physikalische Unterrichtsübungen, 4; Physikalische Meßübungen, $3^1/_2$; Physikalische Arbeiten, tägl. — **Gehrcke**: Elemente der höheren Mathematik, $1^1/_2$. — **Grüneisen**: Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendungen in der Physik, 2. — **Kiebitz**: Luftelektrizität, 1. — **Hahn**: Chemie der Radioelemente, 1. — **Henning**: Ausgewählte Kapitel der Wärmelehre, 2. — **v. Baeyer**: Wärmestrahlung, 1. — **Regener**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — — **Reichenheim**: Durchgang der Elektrizität durch Gase, 1. — **Pohl**: Das elektromagnetische Spektrum, 1. — **Franck**: Beziehungen zwischen Elektrizität, Magnetismus und Optik, 1. — **Eucken**: Kinetische Theorie der Materie II, 2. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche

Photographie mit praktischen Übungen, 1; Grundlagen der wissenschaftlichen Mikroskopie und Mikrophotographie, 1 *g.* —

E. Fischer: Praktische Übungen im chemischen Institut (mit Gabriel, Pschorr, Traube, Diels, Stähler, Leuchs), tägl. — **Nernst**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Physikochemisches Kolloquium (mit v. Wartenberg), 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physikochemische Übungen, 7, c) physikochemische Arbeiten (mit v. Wartenberg und Eucken), tägl. — **Willstätter**: Organisch-chemisches Kolloquium, 1 *g.* — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker, anorganische Stoffe, 4; Chemische Übungen für Anfänger und Geübtere, tägl.; Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen: Methoden der chemischen Technik, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Chemisch-analytische Übungen im Pharmazeutischen Institut (mit Anselmino), tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **v. Wartenberg**: Erzeugung, Messung und Anwendung extremer Temperaturen, mit Demonstrationen, 1. — **Biedermann**: Technische Chemie I: Unorganische Stoffe, 2; Explosivstoffe, 1 *g.* — **Gabriel**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Traube**: Quantitative chemische Analyse, 1. — **Pschorr**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Fock**: Atomtheorie, 1; Chemische Kristallographie, 1 *g.* — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit R. J. Meyer), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Wasseranalyse, 1. — **R. J. Meyer**: Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung, 1 *g.* — **Spiegel**: Anorganische Chemie für Zahnärzte, 3; Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und physiologischer Wirkung, 1. — **Neuberg**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl.; Organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Tier- und pflanzenchemische Übungen, 6. — **Sachs**: Chemie der Farbstoffe, 1. — **Koppel**: Chrom und seine Verbindungen, 1 *g.* — **Diels**: Die wichtigsten Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Meisenheimer**: Überblick der organischen Experimentalchemie, 3, Ergänzungen, 2; Chemie der Enzyme unter besonderer Berücksichtigung der Gärungsenzyme, mit Experimenten, 1; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **F. Fischer**: Grundzüge der Elektrochemie, 2; Kleines elektrochemisches Praktikum, 9; Großes elektrochemisches Praktikum, tägl. — **Großmann**: Technische Exkursionen und Besichtigungen von Fabrikanlagen, 2—3, Erläuterungen, 1; Besprechung chemisch-technischer und wirtschaftlicher Tagesfragen, 1. — **Löb**: Allgemeine Biochemie I, 2; Elektrochemie, 1; Biochemisches Laboratorium, tägl. — **Köthner**: Atomenergetik, 1. — **Stähler**: Spezielle anorganische Chemie mit Experimenten, 2. — **Houben**: Chemische Entdeckungen und ihre Geschichte, 1. — **Weigert**: Einführung in die physikalische Chemie, 1½. — **Lockemann**: Theorien der modernen Chemie, 1. — **Lenz**: Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 1½; Mikrochemische Analyse, Übungen, 2. — **Leuchs**: Neuere organische Arbeiten, 1. — **Pringsheim**: Alkoholische Gärung, 1. — **Anselmino**: Qualitative Analyse für Apotheker, 1; Quantitative Methoden des Arzneibuchs, 1; Arzneimittelgesetzgebung, 1; Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 2. —

Schwarz: Integralrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 4; Über den Hauptsatz der projektivischen Geometrie, 2 *g*; Mathematische Kolloquien, 14tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g.* — **Foerster**: Geschichte der neueren Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der astronomischen Meßkunst, 1 *g*; Weltharmonik im Sinne von Platon und Keppler, 1 *g.* — **Helmert**: Kürzeste in der Geodäsie, 1; Höhenmessung, 1 *g.* — **Frobenius**: Theorie der algebraischen Gleichungen II, 4. — **Schottky**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Spezielle Fragen der Funktionentheorie, 4. — **Struve**: Praktische Astronomie, 3; Übungen an den Instrumenten, *g.* — **Cohn**: Fundamentale astronomische Koordinaten- und Konstantenbestimmung, 2; Himmelsmechanik II: Figur und Rotation der Himmelskörper, 3; Übungen im Seminar für wissenschaftliches Rechnen: Spezielle Störungen, 2 *g.* — **Lehmann-Filhés**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g.* — **Hettner**: Über unendliche Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 2. — **Scheiner**: Sterntemperatur, 1; Kolloquium, 1 *g.* — **Knoblauch**: Theorie der krummen Flächen II, 4; Theorie der Determinanten, 4; Theorie der Raumkurven II, 1 *g.* — **Marcuse**: Theorie und Handhabung geographisch-, nautisch- und aeronautisch-astronomischer Instrumente, mit Übungen und Demonstrationen, 1½; Einführung in die astronomische Geographie und kosmische Physik, 1½; Gegenwärtiger Stand der Luftschiffahrt in allgemeiner Darstellung, 1 *g.* — **Schur**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Funktionentheorie I, 4. — **Byk**: Nicht-Euklidische Geometrie und Mechanik, 2. — **Witt**: Theorie der Finsternisse, 2. — **Kohlschütter**: Geographische und koloniale Landmessung II: Höhenmessungen, 1, Übungen, 2 *g*; Übungen im Geländeaufnehmen, 1 Nachmittag *g.* — **Knopp**: Analytische Geometrie, 4; Mengenlehre, 2; Theorie der ganzen transzendenten Funktionen, 2. —

Technische Hochschule Berlin.

Dolezalek: Experimentalphysik: Wärme, Optik, 4; Physikalische Übungen, 8; Physikalische Chemie, 2. — **Kurlbaum**: Experimentalphysik: Wärme, Optik, 4, für Architekten, 2; Physikalische Übungen, 8. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, 10. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Krigar-Menzel**: Theorie des Lichtes, 4; Theorie der Wärmeleitung und der Strahlung, 2. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen II, 2; Die Meßinstrumente des Chemikers, 2. — **Glatzel**: Aufbau und Betrieb praktischer Stationen für drahtlose Telegraphie und Übungen, 1; Physikalische Grundlagen für die Konstruktion von Meßinstrumenten für Gleichstrom und Wechselstrom, 1. — **Groß**: Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetechnik, 2; Energetik, 1; Theorie des galvanischen Stromes, 2. — **v. Ignatowsky**: Vektoranalysis mit Anwendungen auf verschiedene Gebiete der Physik, insbesondere auf die Maxwellsche Theorie der Elektrizität, 2. — **Möller**: Quantentheorie, 1. — **Petzoldt**: Raum, Zeit und Bewegung, 1 *g.* — **Zehnder**: Angewandte Physik: Allgemeine Übersicht über technische Betriebe, mit Projektionen und Exkursion, 2; Physikalisches Praktikum, mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphentechnik, 2 oder 4, Übungen, 4. — **Günther**: Theorie und Praxis der Meßbildphotographie: Photogrammetrie, 3. — **v. Parseval**: Allgemeines Kolleg über Luftschiffahrt, 2; Spezialkolleg über Luftfahrzeuge, 2. — **Dietzius**: Luftschiffbau und Luftschiffahrt, 1. — **Orlich**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Wedding**: Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Beleuchtungstechnik, 2. — **Franke**: Elektrische Schwachstromtechnik einschließlich drahtlose Telegraphie, 4; Übungen im Schwachstromlaboratorium, 6; Instrumenten- und Apparatebau, 2. — **Kloß**: Elektromaschinenbau, 4, Übungen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4. — **Krell**: Schiffselektrotechnik, 2. — **W. Reichel**: Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Benischke**:

Allgemeine Wechselstromtechnik, 4. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Gerstmeyer**: Kommutatormotoren für Drehstrom, 1. — **Wagner**: Ausgleichsvorgänge in Freileitungen, Kabeln und Wicklungen: Überspannungen und Stromstöße, 2. — **Zehme**: Elektrische Stadtschnellbahnen und Vorortsbahnen, 2. — **Kanner**: Die Luftströmungen nach Entstehung, Messung und Ausnutzung, für Hoch- und Hafenbau, See- und Luftschiffahrt, sowie für Windmotorenbau, 1. —

Hofmann: Experimentalchemie: Chemie der Metalle mit Einführung, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl.; Gasanalyse, Übungen, 2. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **N. N.**: Spezielle Elektrochemie: Gasentladungen, Elektrolyse in der chemischen Industrie, Elektrometallurgie, Galvanotechnik und Elektroanalyse, 2; Kleines elektrochemisches Praktikum, 2 halbe Tage; Elektrochemisches Vollpraktikum: Physikalisch-chemische Messungen, präparative Elektrolyse, Elektrometallurgie und Gasentladungen, tägl.; Selbständige Arbeiten und Anleitung, tägl. — **Holde**: Untersuchung der Kohlenwasserstoffole und verwandter Produkte: Schmieröle, Treiböle, Leuchtöle, Paraffin, Ceresin, Asphalt usw., 2. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, zyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide usw., 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Miethe**: Spektralanalyse, 2, mit Übungen; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Kritische Besprechung einiger physikalisch-chemischer Theorien: Lösungstheorie usw., 1. — **Witt**: Chemische Technologie I, Technologie der Wärme und des Wassers, Technologie der anorganischen Verbindungen: Chemische Großindustrie, 4; Glas, Keramik, Apparatekunde, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Technische Anwendungen der physikalischen Chemie, 1. — **Börnstein**: Verbrennung und Heizung, 1. — **Byk**: Chemie der photographischen Prozesse, 1. — **Guertler**: Physikalische Chemie der Metallegierungen IV: Elektrizitätslehre, Magnetismus, Optik, Akustik und Mechanik, 2; Synopsis der anorganischen Chemie vom Standpunkte der heterogenen Gleichgewichte, 1. — **Hauser**: Chemie der Kolloide mit ultramikroskopischen Übungen, 2. — **Hilpert**: Analytische Chemie, 1, Kolloquium, 1; Theoretische Chemie in ihrer Anwendung auf die Prozesse der Hüttenkunde, 1. — **Hinrichsen**: Chemische Atomistik, Einführung in die theoretischen Grundanschauungen der modernen Naturwissenschaft, 1 *g*. — **Lehmann**: Die Farbenphotographie, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie (Kolloquium), 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Voswinckel**: Terpene und Kampfer, 1. — **Wolffenstein**: Die neueren Arzneimittel und ihre Fabrikation, 2. —

Hettner: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Dziobek**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen und Festigkeitslaboratorium, 3; Technische Physik der Verbrennungskraftmaschinen, 2. — **Reißner**: Mechanik, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2 *g*, Übungen des Seminars für Mechanik, 3. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Wallenberg**: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Funktionentheorie II, 2; Variationsrechnung, 2. — **Fuchs**: Elliptische Funktionen, 2. — **Lichtenstein**: Synthetische Geometrie, 4. — **v. Pirani**: Die Laboratoriumsöfen und die Messung hoher Temperaturen, mit Demonstrationen, 1. — **Salkowski**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Planzeichnen, zugleich Bearbeitung der Aufnahmen, nach Verabredung; Höhere Geodäsie, 2. — **Wolff**: Aufnahme und Bearbeitung eines Höhen- und Lageplanes, 1, Übungen, 1 Nachmittag. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Wärmelehre (Schluß), 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 2; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1; Theorie der optischen Beugungserscheinungen und ihre Anwendungen, 2; Seminar für theoretische Physik, nach Verabredung. — **Blattner**: Lösung von Aufgaben aus dem Gebiete der Wechselstromtechnik (Fortsetzung), 1. — **Luterbacher**: Die meteorologischen Elemente und ihre Beobachtung mit Berücksichtigung der aeronautischen Meteorologie, für Anfänger, 1. —

Kohlschütter: Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Spezielle Chemie und Elektrochemie der Schwermetalle und Nichtmetalle, 3; Kolloidchemie, 1. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1. — **Ephraim**: Analytische Chemie, 3; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Elektrochemisches Praktikum, 4. — **Tambor**: Organische Chemie I, 6, Repetitorium, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Woker**: Arbeiten im Laboratorium für physikalisch-chemische Biologie, nach Verabredung; Kurs für die Untersuchung der Körperflüssigkeiten: Harn, Blut, Milch usw., 1 Nachmittag; Die Praxis der Fermentuntersuchung im Tier- und Pflanzenreich, 1 Nachmittag; Physikalisch-chemische Biologie, 2; Kolloquium über Fragen der physikalisch-chemischen Biologie, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Technologie der Lebensmittelgewerbe, nach Verabredung. —

Graf: Kugelfunktionen mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Integralrechnung mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Funktionentheorie, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), $1^1/_2$. — **Ott**: Algebraische Analysis I, 2; Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie der Ebene I, 2; Goniometrie und ebene Trigonometrie, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Huber**: Sphärische Astronomie II, 2; Analytische Geometrie des Raumes mit Theorie der Flächen zweiten Grades, 3; Theorie der Enveloppen und Brennlinien, 2; Mathematisches Seminar (geometrische Richtung mit Graf), 1. — **Mauderli**: Vorausberechnung periodisch wiederkehrender Himmelserscheinungen II, 1; Der astronomische Unterricht an unsern höhern Mittelschulen; Übungen, nach Verabredung; Die kulturelle Bedeutung der Astronomie mit besonderer Berücksichtigung des Kalenders, 1 *g*. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie II, Übungen auf dem Terrain, 3. — **Crelier**: Synthetische Geometrie, 2; Zentralprojektion, 2; Geometrische Übungen, 1. — **Moser**: Witwen- und Waisenkassen und ihr technischer Aufbau, nach Verabredung; Die Intensitätsfunktionen der Sterblichkeit, 1; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I: Mechanik, Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Laboratorium für Anfänger, 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Eversheim**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Grundzüge der Elektrotechnik (technische Vorlesungen), 1 *g*. — **Pflüger**: Theo-

retische Optik, 4, Übungen, 1 *g.* — **Bucherer**: Mathematische Einführung in die neuere Elektrizitätslehre, 1. — **Grebe**: Theorie der Wärme, 4; Luftschiffahrt, 1 *g*; Übungen in physikalischen Demonstrationsversuchen, 2. —

Anschütz: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, 2; Grundzüge der Thermochemie, 1 *g*; Analytische Chemie II: Maß-, Gas- und Elektroanalyse, 2; Übungen in physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*; Gasanalytische Übungen, 3 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie II (organisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Toxikologische Analyse, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, 1. — **Laar**: Photographische Kopier- und Reproduktionsverfahren, 1; Praktisch-photographische Arbeiten, tägl. — **Kippenberger**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemische Technologie, organischer Teil, ausschließlich der Farbstoffchemie, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik II: Organisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung technisch-chemischer Betriebskontrollen, 1 *g*. — **Meerwein**: Repetitorium der organischen Chemie, 3; Über Teerfarbstoffe, 2. — **Mannheim**: Chemie der Drogen und Pflanzenstoffe, 2; Übungen in Wasser- und Harnanalyse, tägl. *g*. — **Gewecke**: Übungen in mikrochemischer Analyse, 3; Einführung in das chemische Praktikum, 1. —

N. N.: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar: Vortragsübungen (mit J. O. Müller), 14tägig, 2 *g*. — **Study**: Differentialgeometrie I: Theorie der Raumkurven, 2; Höhere Geometrie I, 2; Mathematisches Seminar: Vortragsübungen, 14tägig, 1 *g*. — **London**: Einführung in die Theorie der Differentialgleichungen, 3; Axonometrie und Perspektive mit Zeichenübungen, 2; Mathematisches Seminar: Übungen in darstellender Geometrie, 1 *g*. — **C. Müller**: Einführung in die Geodäsie, mit Übungen, 2. — **J. O. Müller**: Algebraische Gleichungen: Galois'sche Theorie, 3. — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen II, 3; Astronomisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 1½ *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl. — **Mönnichmeyer**: Allgemeine Störungen nach Hansen, 2 *g*. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Diesselhorst: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Thermodynamik, 2, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum I und II; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Theorie der Wechselströme, 1. — **Bergwitz**: Kosmische Physik, 2. — **Witte**: Naturwissenschaft und Erkenntnistheorie, 1. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektromotoren, 2; Bitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum, für Anfänger, 9; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium, für Fortgeschrittenere, 9. — **Brünig**: Elektrotechnische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Mosler**: Drahtlose Telegraphie, 2; Radiotelegraphisches Praktikum, 3. —

Meyer: Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im chemischen Laboratorium; Chemisches Kolloquium (mit Freundlich), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Heizstoffe und Kesselspeisewasser, 2, Übungen, 1. — **Freundlich**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie I, 4; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Chemische Technologie II 2, 4; Chemisch-technische Analyse II, 2; Enzyme, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe; Seminaristische Übungen, monatlich 2 *g*. — **Schultze**: Agrikulturchemie, 2. — **Beckurts**: Abwässereinigung, 1; Wasser- und Harnuntersuchung, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle. — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. — **Emde**: Reaktionen der organischen Chemie, 1. —

Fricke: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Funktionentheorie, 2; Theorie der Fourierschen Reihen, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Einführung in die höhere Mathematik, 3, Übungen, 1. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik I: Statik, 6, Übungen und Repetitionen, 3, III: Hydraulik, 4, Übungen und Repetitionen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Konstruktionen, 1. — **Näbauer**: Geodäsie I, 5, Übungen, 2; Grundzüge der sphärischen Astronomie (direkte astronomische Bestimmung der geographischen Koordinaten und des Azimuts), 2, Übungen, 2; Vermessungsübungen I, 5, II, 9; Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 3. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Pringsheim, Schaefer und Waetzmann), tägl., für Anfänger (mit Schaefer, Waetzmann und Ladenburg), 3, für Mediziner (mit Ladenburg), 3, für Pharmazeuten (mit Ladenburg), 3. — **Pringsheim**: Theoretische Optik, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper, 4, Übungen, 2 *g*. — **Waetzmann**: Einführung in die theoretische Physik, Mechanik und Wärme, 2. — **Ladenburg**: Theorie der elektrischen Schwingungen und der drahtlosen Telegraphie, mit Experimenten, 2. — **von dem Borne**: Physik der Erdfeste, 3; Geophysikalische Übungen und Besprechungen, nach Verabredung. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Biltz: Unorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Referate für Vorgeschrittenere (mit v. Braun, Meyer, Sackur, Koenigs und Arndt), 14tägig, 2 *g*; Chemisches Praktikum, organische Abteilung, ganztägig, unorganische Abteilung (mit v. Braun), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für Landwirte, 4, für Mediziner (mit Meyer), 4. — **Gadamer**: Anorganische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Schenck**: Physikalische Chemie, II: Elektrochemie, Photochemie, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Großes physikochemisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Ehrlich**: Landwirtschaftliche Technologie II: Gärungsindustrien: Brennerei und Brauerei, 2; Die technische Verarbeitung und Verwertung der Milch: Molkerei etc., 1; Grundzüge der organischen Chemie für Landwirte, 2; Die Enzyme und ihre Bedeutung für das Pflanzen- und Tierleben, 1 *g*; Chemische, biochemische und technische Arbeiten im landwirtschaftlich-technologischen Institut, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen und Untersuchungen auf dem Gebiete der Zucker-, Brennerei- und Brauereitechnik, 4. — **v. Braun**: Analytische Chemie II, 1; Chemische Tagesfragen, 1; Besprechung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Herz**: Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Einführung in die physikalische Chemie, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1. — **Meyer**: Physikalische Chemie I, 2,

thematische Ergänzungen, 1; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Sackur), 1 g. — **Sackur**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1; Bestimmung von Molekulargewicht und Konstitution nach physikalisch-chemischen Methoden, 1. Praktische Übungen, 3. — **Koenigs**: Über Benzolderivate, 2. — **Arndt**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, in elementarer Darstellung, mit Exkursionen, 2; Theoretische Besprechung des anorganisch-chemischen Anfänger-Praktikums, 1. — **Danckwortt**: Ausgewählte Kapitel aus der Nahrungsmittelchemie, 2. —

Kneser: Elementarmathematik, 2; Differentialgleichungen und Transformationsgruppen, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 g. — **Sturm**: Geschichte der Mathematik bis zur Renaissance, 1; Analytische Geometrie der höheren ebenen Kurven, 2; Geometrische Verwandtschaften II, 3. — **Schmidt**: Theorie der analytischen Funktionen II: Algebraische Funktionen, 4; Konforme Abbildung, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 g. — **N. N.**: Mechanik des Himmels II: Gleichgewichtsfigur, Rotation, Präzession, Nutation, Libration, Saturnsringe, Kometenbildung, 4; Niedere Geodäsie oder Feldmeßkunde, 1 g; Praktikum für Anfänger, 2, für Vorgeschrittene, tägl. abends. — **Schnee**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2. —

Technische Hochschule Breslau.

Lummer: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **von dem Borne**: Theorie der Flugzeuge, 2; Aeronautische und meteorologische Übungen, 2; Grundzüge der Meteorologie, 1; Physik der Erdfeste, 2. — **Hilpert**: Elektrotechnik II, 4; Elektromaschinenbau II, 2; Apparatebau, 2; Übungen im Elektromaschinenbau und Apparatebau, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II, 4, III, 8. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrische Kraftanlagen, 2, Übungen, 4. — **Grosse Leege**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

Stock: Anorganisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl.; Analytische Chemie, 3; Chemisches Kolloquium (mit Schenck und Semmler), 14tägig, 2 g. — **Semmler**: Organisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl.; Organische Experimentalchemie, 4; Abriß der organischen Chemie, 1. — **Schenck**: Physikalische Chemie I und II, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittenere, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Lüty**: Anorganisch-chemische Technologie, 4; Praktikum im Institut für anorganisch-chemische Technologie, tägl. — **Naud**: Einführung in die Gastechnik, 1. —

N. N.: Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 2; Mathematische Probleme in der Technik, 4. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie II, 2, Übungen, 4; Analytische Geometrie, 3; Ausgewählte Kapitel der Geometrie und ihrer Anwendungen, nach Verabredung. — **Steinitz**: Höhere Mathematik IV, 4, Übungen, 2; Vektoranalysis, 2. —

Technische Hochschule Brünn.

Jaumann: Allgemeine und technische Physik, $3^1/_2$; Theoretische Physik, $1^1/_2$; Physikalisches Praktikum (mit Lohr), 3. — **Szarvassi**: Grundzüge der Physik, 3; Meteorologie und Klimatologie, 3. — **Lohr**: Ausgewählte, insbesondere technisch wichtige Kapitel der Wärmelehre, 2. — **Zickler**: Elektrotechnische Messungen, 2; Elektrische Beleuchtungsanlagen, 3; Elektrotechnisches Praktikum I, für Anfänger, 4, III (mit Niethammer), 8. Ausarbeitung, 8. — **Niethammer**: Bau elektrischer Maschinen I, 3; Elektrische Apparate, 1; Projektierung elektrischer Anlagen, einschließlich elektrische Arbeitsübertragung, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen I, 2, II, 8. —

Hönig Organische Chemie I, 5; Chemische Übungen III, 20; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3. — **Frenzel**: Analytische Chemie I: Allgemeiner Teil, 2; Chemische Übungen I, 19, II, 5; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalische Chemie I, 3. — **Knöpfer**: Synthese organischer Verbindungen, 2. — **Donath**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe II, 3; Chemische Technologie organischer Stoffe I, 3; Chemische Technologie III: Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen (mit Margosches), 2; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie I, 20. — **Ulrich**: Chemische Technologie organischer Stoffe II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie II, insbesondere der Farb- und Faserstoffe, 22; Spezielle chemische Technologie der Farbstoffe, 1; Spezielle chemische Technologie der Faserstoffe, 1. — **Margosches**: Chemische Technologie der organischen Kolloide, 2; Technische Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Fett- und Mineralölindustrie, 4. —

Waelsch: Mathematik I b, 2, Korrepetitionen, 1; Darstellende Geometrie, 5, Konstruktives Zeichnen, 6. — **v. Schrutka**: Mathematik II 1, 3, Korrepetitionen, 1; Elemente der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1; Der logarithmische Rechenschieber, mit Übungen, 1. — **Tietze**: Mathematische Näherungsmethoden, 4, Übungen, 1; Elliptische Integrale, 2. — **Benze**: Wahrscheinlichkeitsrechnung II, mit Anwendungen, 3; Mathematische Statistik, 2. — **Fanta**: Versicherungsmathematik I, 2, Übungen, 1; Analytische Methoden für die Ausgleichung von Sterbetafeln, 1. — **Dell**: Technisches Zeichnen I, 6; Skizzierübungen an technischen Objekten, 3. — **Löschner**: Technisches Zeichnen II: Plan- und Geländezeichnen, Übungen, 2; Situationszeichnen: Plan- und Geländezeichnen, Übungen, 4; Niedere Geodäsie, 2; Vermessungsübungen, 12; Sphärische Astronomie, 2. — **Musil**: Technisches Zeichnen: Maschinenzeichnen, Übungen, 6. — **Steiner**: Elemente der niederen Geodäsie, 2, Übungen, 3. — **N. N.**: Mechanik I, 5, Übungen, 2; Grundzüge der Elastizitäts- und Festigkeitslehre I, 2. —

Universität Czernowitz.

v. Geitler: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger II, für Physiker und Mathematiker, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene, 3; Anleitungen zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Schwingungen gekoppelter Systeme, 2. — **Radakovic**: Mechanik (Fortsetzung), 5; Seminar für mathematische Physik, 2; Proseminar für mathematische Physik, 2. — **Conrad**: Kosmische Physik I: Die Erde als Himmelskörper, 4; Barometrische Höhenmessung mit praktischen Übungen und einer Exkursion, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 3; Praktische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Lindner**: Stereochemie, 1; Anleitung zu chemischen Schulexperimenten, 4. —

Plemelj: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5, Übungen im mathematischen Seminar, 2; Besprechung von Fragen der Mathematik und der mathematischen Physik (mit Radakovic und Hahn), 14tägig, 2 *g*. — **Hahn**: Differentialgeometrie (Fortsetzung), 3; Variationsrechnung (Fortsetzung), 3, Seminar: Übungen, 2; Proseminar: Ausgewählte Fragen der Elementargeometrie, 2. — **Kruppa**: Darstellende Geometrie mit konstruktiven Übungen, 3. —

Technische Hochschule Danzig.

Zenneck: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, 4; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Photographie und photographische Reproduktionsverfahren, 1, Übungen I für Anfänger, II für Fortgeschrittene, je 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im photographischen Laboratorium, tägl. — **Wex**: Post- und Telegraphenamt, 1. — **v. Brunn**: Himmelsmechanik I, 2. — **N. N.**: Kreiseltheorie, 3. — **Pröll**: Anleitung zur Behandlung mechanischer Auf-

gaben, 1, Übungen, 2; Grundzüge der Mechanik: Elementarmechanik, 2; Besondere Probleme der Flugtechnik, 2. — **Roeßler**: Elektrotechnik I, 4, II, 2; Laboratorium I, 4, II und III, 9; Projektierung elektrischer Aniagen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 1, Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 2. — **Roth**: Elektrotechnische Meßkunde, 2. —

Ruff: Anorganisch-chemische Technologie I, 3, II, 3, III: Technische Elektrochemie, 1; Chemisches Kolloquium (mit Krüger und Wohl), für Fortgeschrittene, 2 *g*; Praktikum im anorganisch-chemischen und elektro-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie II, 2; Organisch-chemische Technologie I, 3, II, 4; Untersuchung von Heizstoffen und Gasanalyse, Übungen, 3; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium und Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Krüger**: Physikalische Chemie II: Thermodynamik chemischer Prozesse, Elektrochemie, Photochemie, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Plato**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **Glimm**: Chemie der Enzyme, 1; Einführung in die Technische Mykologie, 1; Praktikum für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und Gärungsphysiologisches Praktikum, tägl.; Mikroskopische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, Übungen, 3; Kurse für Gärungsgewerbe, mehrere Wochen. — **Jellinek**: Angewandte physikalische Chemie II, 2. —

v. **Mangoldt**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 1. — **Lorenz**: Einführung in die Mechanik, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2 *g*. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 3. — **Sommer**: Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 5. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Geodätisches Praktikum I und II, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig), nach Vereinbarung; Elektrische Schwingungen und elektrische Wellen, Maxwells Theorie der Elektrizität, mit Demonstrationen, 2. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 4, Repetitorium, 1. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente II, 2; Populäre Astronomie, 2. — **Limmer**: Photographische Übungen, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3; Grundlagen der Photographie, 2; Farbenphotographie, mit Übungen, 2. — **Baerwald**: Elektronentheorie, 1 *g*. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II: Gleichstromtechnik (Theoretischer Teil), 4, Übungen (mit Petersen), 2; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende (Praktikum III) (mit Petersen), nach Verabredung. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Sengel) I, II, IV, 4 halbe Tage; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2; Radiotelegraphisches Praktikum, $^1/_2$ Tag. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **Petersen**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 1; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Goldschmidt**: Elektrischer Antrieb von Hebemaschinen und industrielle elektrische Betriebe, 2; Referate aus elektrotechnischen Fachblättern (Kolloquium), 1 *g*. —

Wöhler: Spezielle anorganische Chemie, 4; Theoretische Chemie II, 2; Chemisches Praktikum für anorganische und physikalische Chemie (mit Heyl, Kolb und D'Ans), tägl. außer Sonnabend. — **Kolb**: Grundzüge der Chemie, 4; Agrikulturchemie, 1; Analytische Chemie I, 2; Methoden der organischen Analyse, 1; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Friedlaender), tägl. außer Sonnabend; Färberei-Praktikum (mit Heuser), 4. — **Heuser**: Organisch-chemisches Praktikum, nach Verabredung; Papier-Färberei-Praktikum, nach Verabredung. — **Friedlaender**: Über natürliche Farbstoffe, 1 *g*. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 2; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, Repetitorium, 1; Ausmittelung der Gifte, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Chemisches, chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Elektrochemie, 1; Hüttenmännische Probierkunst, mit Übungen, 2. — **Moldenhauer**: Elektrochemische Übungen, 4; Anwendung der physikalischen Chemie auf chemisch-technische Prozesse, 1; Die Methoden der chemisch-technischen Analyse, 1. — **Vaubel**: Theoretische Chemie II, 2, Übungen, 3; Die Steinkohlenindustrie, 1; Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, $1^1/_2$; Photochemie, 1. — **D'Ans**: Chemie in Mineralogie und Geologie, 1; Einführung der Kolloidchemie, 2. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung von Explosivstoffen, 1; Geologische und chemisch-technische Vorarbeiten für die Wasserversorgung (mit Steuer), 1, mit Exkursionen. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 8, Übungen, 1. —

Graefe: Repetitorium der Elementar-Mathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 3; Partielle Differentialgleichungen, mit Anwendungen, 3; Äußere Ballistik, 3. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 3, II, 2, Übungen, 1. — **Schleiermacher**: Mechanische Quadratur, 2 *g*; Politische Arithmetik, 2 *g*. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Einführung in die Streckenrechnung mit Anwendungen, 2; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Reine Kinematik, 2. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 2 Nachmittage. II, 1 Nachmittag; Geodätische Ausarbeitungen, 2. — **N. N.**: Praktische Geometrie, Übungen, 1 Nachmittag, Ausarbeitungen, 2. — **Assistenten**: Planzeichnen, 4. — **Gasser**: Aeronautik, 2; Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik I, 6, Übungen, 2; Hydrodynamik, 1. — **N. N.**: Hydraulik, 2, Übungen, 1. — **Blaeß**: Ausgewählte Abschnitte aus der technischen Mechanik, 2. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik II: Elektrizität II, Optik, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 oder 3, II (einschließlich Laboratoriumstechnik), für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten, 20. — **Luther**: Anwendungen der Photographie in Wissenschaft und Technik, 1; Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institut, ganz- und halbtägig. — **Toepler**: Theoretische Physik I: Mechanik, 3. — **Dember**: Radioaktivität, 1. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 3; Theorie des Wechselstromes I, 4; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau I, 2, III, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen für Elektroingenieure, 12, für Maschinen- und Fabrikingenieure, 4. — **Barkhausen**: Elektrische Meßkunde, 2; Drahtlose Telegraphie, 1; Praktikum für

hwachstromtechnik, insbesondere drahtlose Telegraphie und II, 2. —

Foerster: Anorganische Experimentalchemie, 6; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, Technische Titriermethoden, Gasanalyse, ganztägig, für Mathematiker und Physiker, 4. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie, 3; Geschichte der Chemie, besonders der chemischen Technik und Industrie seit Beginn des 19. Jahrhunderts, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Gewerbehygiene, 2; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend; Hygienisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **N. N.**: Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe, 5; Übungen auf dem Gebiete des Patentwesens, 1 *g*; Praktikum für Farbenchemie, 12; Praktikum für Farbenchemie bzw. für Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bzw. Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **Erich Müller**: Physikalische Chemie I, zugleich Einführung in die Elektrochemie, 3; Praktikum für Elektrochemie, 12; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Lottermoser**: Experimentalchemie der Kolloide, 1. — **v. Walther**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Dietz**: Die chemische Technologie der Mörtel und Zemente, 1; Die chemische Technologie des Glases, 1. — **König**: Heilmittel der organischen Chemie, 2. — **Thiele**: Erzeugung von Licht, 1. — **Grube**: Die elektrischen Öfen der chemischen Großindustrie, 1. —

Helm: Höhere Mathematik III, 3, Seminaristische Übungen (mit Naetsch), 1; Interferenz und Beugung des Lichtes, 2; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2. — **Krause**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 2; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Grübler**: Technische Mechanik II: Statik einschließlich graphischer Statik, 6, Seminaristische Übungen, 2; Graphostatische Übungen, 2; Hydromechanik, einschließlich Hydraulik, 1. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 4; Analytische Geometrie der Kegelschnitte, 3. — **Naetsch**: Sphärische Trigonometrie, 2; Einleitung in die Theorie der ganzen Zahlen, 2. — **Heger**: Raumakustische Übungen, 2 *g*. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Seminaristische Übungen, 1; Höhere Geodäsie I, 2, Seminaristische Übungen, 1; Sphärische Astronomie I, 2, Seminaristische Übungen, 4; Vorübungen zum Planzeichnen für Vermessungsingenieure: Schriftzeichnen, 2; Planzeichnen II für Bauingenieure, 2, für Vermessungsingenieure, 1; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Triangulierungsübungen, 4; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4, für Architekten, 4; Größere Terrainaufnahmen, 2 Wochen. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halb- und Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Reiger**: Theoretische Physik I, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 3. — **Würschmidt**: Vermessungskunde mit Übungen, 3; Meteorologie, 1. —

O. Fischer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium: a) Analytisch-chemische Übungen, b) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner, 4. — **Busch**: Pharmazeutische Chemie, Anorganischer Teil, 3; Chemische Technologie: Teerfarbstoffe und ihre Anwendung, 2; Ausmittelung von Giften, 1; Chemisches Voll- und Halbpraktikum, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Nahrungsmittelchemisches Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Henrich**: Analytische Chemie I: Qualitative und quantitative Analyse der Metalloide mit besonderer Berücksichtigung der Maßanalyse, 3; Chemie der Benzolderivate, 2; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege, 2. — **Jordis**: Chemie der Kolloide, zugleich spezielle anorganische Chemie, 2; Patentwesen, 1; Chemisches Seminar, zugleich Übungen für Lehramtskandidaten, 2; Elektrochemisches, physikalisch-chemisches und kolloid-chemisches Praktikum, 4. —

Noether: Integralrechnung, 4, Übungen, *g*; Einleitung in die analytische Mechanik, 3, Übungen, *g*; Mathematisches Seminar, *g*. — **E. Fischer**: Analytische Geometrie II, 4, Übungen, *g*; Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, *g*. — **Baldus**: Synthetische Geometrie II, 2, Übungen, 1 *g*; Polarentheorie der ebenen algebraischen Kurven, 2; Elementare Versicherungsmathematik, 1, Übungen, 1; Versicherungsmathematik, 2, Übungen, 1. —

Physikalischer Verein Frankfurt a. M.

Wachsmuth: Experimentalphysik: Mechanik II: Aerostatik und Aerodynamik, 1; Akustik, 1; Physikalisches Kolloquium, 14 tägig, $1^1/_2$; Kleines physikalisches Praktikum: a) Einführung in die Experimentalphysik, b) Einführung in die Meßmethoden, 8; Physikalisches Vollpraktikum für Fortgeschrittene: Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Déguisne**: Transformatoren, 2; Kleines elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 4, II: Maschinen und Transformatoren, 4; Großes elektrotechnisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl. — **Linke**: Über luftelektrische Versuche, $1^1/_2$; Geophysikalische Übungen, 2. — **Seddig**: Praktikum für wissenschaftliche Photographie, 8; Einrichtung des Mikroskopes und seine Anwendung, 1. —

Freund: Organische Experimentalchemie II: Chemie der Benzolderivate, Teerfarbstoffe, 2; Kleines chemisches Praktikum für Anfänger: Darstellung chemischer Präparate, Einführung in die qualitative und quantitative Analyse, Nahrungsmittelanalyse, 8; Großes chemisches Praktikum, tägl.; Einführung in das Praktikum der quantitativen Analyse (mit Speyer), 2; Praktische Übungen in der Färberei der Textilfasern (mit Mayer), 2. — **Lorenz**: Abriß der Metallurgie, eine Übersicht über die Gewinnung der wichtigsten Metalle: Eisen, Kupfer, Zink etc., 2; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, 8; Großes Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, chemisch-technische Warenkunde, Ausgewählte Kapitel der kolonialen Technik, mit Exkursionen, 2; Kleines chemisches Praktikum: Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Handelswaren im chemischen Laboratorium, auch für Anfänger, 5. — **Mayer**: Die Aufgaben der Chemie im Wandel der Zeiten, 1. — **Fleischer**: Über selten vorkommende Elemente und deren technische Verwendung, 1. —

Brendel: Das Versicherungsgesetz für Angestellte und die privaten Pensionskassen, 2; Versicherungs-Seminar: Versicherungsrechnung mit Übungen. — **Schönflies**: Allgemeine Einleitung in die Differentialrechnung, 2; Zahlentheorie, 2. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, Elektrooptik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Reinganum), für Mediziner und Pharmazeuten, 1 Nachmittag, für Naturwissenschaftler, 2 Nachmittage; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Mathematische Physik: Elektrische Wellen, Akustik, Leitung, 3, Übungen, 1; Grundlagen der Elektronentheorie, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Besprechung von Themata zu selbständigen Arbeiten, 1 *g*. — **Reinganum**: Physik der Atmosphäre, 1; Prinzipien der Mechanik vom Standpunkte ihrer Geschichte, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Technisch-physikalisches Praktikum: Übungen in der Selbstanfertigung

von Apparaten und in der Vorführung von Demonstrationsversuchen, Untersuchungen an elektrotechnischen Apparaten und Maschinen, 4. — **Meyer**: Physikalische Chemie mit Demonstrationen, 2; Theorie der elektromotorischen Kräfte, 1; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 2; Selbständige physikalisch-chemische Untersuchungen, tägl. — **Ferrars**: Photographischer Kurs: Allgemeine Theorie und Praxis der Photographie (wissenschaftlich und künstlerisch), 3. —

Gattermann: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt, Fromm, Windaus, Meigen, Riesenfeld und Lenhard), tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen für künftige Lehrer der Chemie I (anorganisch) (mit Lenhard), 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 2. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Organische Technologie, mit Exkursionen, 2. — **Edinger**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Fromm**: Hydroaromatische Verbindungen: Terpene und Kampfer, 2; Repetitorium der organischen Chemie, für Mediziner, 2, Repetition, 1. — **Windaus**: Neue Theorien und Methoden der organischen Chemie, 2. — **Meigen**: Quantitative Analyse, 2; Seminar für anorganische Chemie, 1; Gasanalytisches Praktikum, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, einschließlich Spektral- und Mikroanalyse, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie: Metallographie, seltene Erden, 1. — **Lenhard**: Didaktische Besprechung der anorganischen Chemie, für Lehramtskandidaten und Nichtchemiker, 3; Chemische Gleichungen und chemisches Rechnen: Stöchiometrie, für Anfänger, 1. —

Heffter: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Seminar: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 14tägig, 2 *g*. — **Stickelberger**: Bestimmte Integrale, 3; Analytische Mechanik, 5, Übungen, 1 *g*. — **Löwy**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Über die Grundlagen der Arithmetik, 2; Spezielle Fragen über Differentialgleichungen, 1 *g*. — **Seith**: Darstellende Geometrie: Krummflächige Körper, Schattenlehre, Perspektive, Axonometrie, 2, Übungen, 2 *g*. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, $4^1/_2$; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6 (für Vorgeschrittene, nach Verabredung), für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Thermodynamik, 3; Theoretisch-physikalische Übungen, 1; Niedere Geodäsie, 3, Praktische Übungen, 1 Nachmittag; Meteorologie, 1. — **Noack**: Physikalisches Praktikum für Handfertigkeit, mit Experimentierübungen, 3, 6 oder 9. — **Uller**: Elektrotechnisches Praktikum (mit Cermak), 2. — **Cermak**: Elektrizitätsleitung in Gasen, Kathoden-, Röntgenstrahlen, 2. — **Peppler**: Physik der Atmosphäre II: Dynamische Meteorologie, 1. — **Jentzsch**: Theorie und Praxis der Farbenphotographie, mit Demonstrationen, 2. —

Naumann: Organische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium (pharmazeutisch- und nahrungsmittel-chemische mit Feist), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Möser**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, anorganischer Teil, 2; Die menschlichen Genußmittel, ihre Verfälschungen und deren Erkennung, 1; Die wichtigsten Gesetze für Apotheker und Nahrungsmittelchemiker, 1. — **v. Liebig**: Chemie der Pflanzenstoffe: Mehrbasische Pflanzensäuren, 1; Grundanschauungen der Chemie in ihrer geschichtlichen Entwicklung, 1 *g*. — **Beschke**: Stereochemie, 1 *g*. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Anorganische Experimentalchemie, $5^1/_4$. — **Brand**: Chemische Technologie II: Technologie der organischen Stoffe, mit Exkursionen, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Thomae**: Kolloidchemie und Ultramikroskopie, $^3/_4$. —

Schlesinger: Elemente der Algebra, 4; Übungen und Ergänzungen zur Differential- und Integralrechnung, 1; Einführung in die Theorie der Differentialgleichungen, 3; Mathematisches Seminar (Funktionentheoretisches), 14tägig, 2. — **Engel**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Mathematisches Seminar, 14tägig, 2. — **Graßmann**: Analytische Mechanik I, mit Übungen, 5; Graphische Statik, mit Übungen, 4; Mathematisches Seminar, 14tägig, 1. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik und Optik, 3; Praktische Übungen im Physikalischen Institut (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Rümelin, Madelung, Försterling, v. Traubenberg und Busch), für Mathematiker und Physiker, 4, für Chemiker und Naturwissenschaftler, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener (mit Voigt), tägl. außer Sonnabend; Mathematisch-physikalisches Seminar: Elektronentheorie der Metalle, 1 *g*. — **Voigt**: Theoretische Optik, 4; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Optik, mit Übungen, 2 *g*. — **Wiechert**: Geophysik: Erdkörper, Erdbeben, Erdmagnetismus, Polarlicht, 4; Vermessungswesen, praktischer Teil, 4; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung, *g*; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Geonomie: Geophysik und Geodäsie, 1 *g*; Thermodynamik, 4. — **Prandtl**: Mechanik der Kontinua (Fortsetzung der Vorlesung über Mechanik), 3; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge der Mitglieder über ausgewählte Kapitel der Mechanik (mit Runge), 2 *g*; Kolloquium über Fragen der Luftfahrt, 1 *g*; Mechanikpraktikum I für Anfänger (mit Kumbruch), 3; Thermodynamik-Praktikum für Fortgeschrittene (mit Kumbruch), 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend. — **Simon**: Elektrische und magnetische Meßmethoden und Meßinstrumente, 4; Das Resonanzproblem in der Physik, 1 *g*; Elektrotechnisches Praktikum (mit Busch) I, 3, II, 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizitätslehre, tägl.; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der angewandten Elektrizitätslehre, 2 *g*. — **Rümelin**: Beziehungen zwischen Magnetismus, Elektrizität und Licht, 1. — **Bestelmeyer**: Prinzipien des physikalischen Experimentierens, 1; Praktikum der Radioaktivität und Elektronik (mit Rausch v. Traubenberg), 4. — **Born**: Grundzüge der mathematischen Physik, 4. — **Hertz**: Statistische Mechanik: Mechanische Grundlagen der Wärmetheorie, 2. — **Reich**: Theorie der Strahlung Hertzscher Wellen, 1. — **Madelung**: Theorie der optischen Instrumente, 2. — **Rausch v. Traubenberg**: Strömungserscheinungen der Elektrizität in festen Körpern und Flüssigkeiten, 1. — **Winkler**: Übungen in physikalisch-technischer Handfertigkeit in der Fachschule für Feinmechanik, 4. —

Wallach: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium (mit Mannich, Kötz, Borsche, Sielisch und Wilke-Dörfurt), Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4 Nachmittage; Besprechung der wissenschaftlichen Arbeiten der Fortgeschritteneren, tägl. *g*. — **Tammann**: Elektrochemie, 2; Physikalische Chemie der Metalle und ihrer Legierungen, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4 Wochen; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Zsigmondy**: Anorganische Kolloide, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 1; Praktikum der anorganischen Chemie für Vorgeschrittene, ganz- und halbtägig. — **Kötz**: Einführung in die Chemie, 3; Prinzipien und Theorien analytischer und anorganischer Prozesse, 1; Vorträge der Mitglieder über Fragen der allge-

einen Chemie (Kolloquium), 1 *g*; Exkursionen zur Kenntnis der chemischen Großindustrie, *g*; Kapitel aus der chemischen Großindustrie mit Berücksichtigung des Exkursionsprogrammes, 1 *g*. — **Coehn**: Photochemie, mit Demonstrationen, 2; Photographisches Praktikum: a) für Anfänger, b) für Fortgeschrittene, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Mannich**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 4; Chemische Toxikologie, 1 1/2; Praktische Übungen in pharmazeutischer, toxikologischer und Nahrungsmittelchemie, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über pharmazeutische Chemie, 1 *g*. — **Borsche**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen: Terpene und Kampfer, 2; Organisch-chemisches Repetitorium für Fortgeschrittene, 1; Chemische Technologie organischer Verbindungen I, mit Exkursionen. 1; Färbereichemische Übungen, 3. — **Sielisch**: Chemie der Alkaloide, 1; Chemische Besprechungen für Mediziner, 2. — **Wilke-Dörfurt**: Vorkommen und Verbreitung der chemischen Grundstoffe auf der Erde, 1; Ergänzungen zum chemischen Praktikum für Anfänger, 2. —

Hilbert: Elemente und Prinzipien der Mathematik, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge der Mitglieder über die kinetischen Theorien in der Physik, 2 *g*; Theorie der Elektronenbewegung, 2. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung I mit Übungen, 6. — **Landau**: Funktionentheorie, 4; Mengenlehre, 2; Mathematisch-physikalisches Seminar: Mathematische Übungen für höhere Semester, 1. — **Hartmann**: Allgemeine Einleitung in die Astronomie, 2; Leitung astrophysikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Astronomisches Seminar (mit Ambronn), 2 *g*. — **Carathéodory**: Analytische Geometrie, 4. — **Ambronn**: Astronomische Ortsbestimmungen mit besonderer Berücksichtigung der im Felde gebräuchlichen Methoden, 2; Methode der kleinsten Quadrate in ihrer praktischen Anwendung auf Aufgaben der Astronomie und Physik, 1; Astronomische Übungen für Anfänger und für Lehramtskandidaten, 4—5; Leitung astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Bernstein**: Übungen im Seminar für Versicherungswissenschaft, 2 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendungen, 4; Versicherungsrechnung, 2; Seminar für Versicherungswissenschaft: Vorträge der Mitglieder über ausgewählte Fragen der mathematischen Statistik und Versicherungsmathematik, 2. — **Toeplitz**: Differentialgleichungen, 4; Übungen für mittlere Semester, 2. — **Weyl**: Algebra, 4; Übersicht über die Theorie der elliptischen, Abelschen und automorphen Transzendenten, 2. — **v. Sanden**: Darstellende Geometrie II: Zentralprojektion und Photogrammetrie, 2, Übungen, 2; Graphische Methoden der angewandten Mathematik, 4, Übungen, 2. — **Courant**: Variationsrechnung, 3; Übungen zur analytischen Geometrie, 2. — **Hecke**: Bestimmte Integrale mit Anwendungen, 3; Theorie der algebraischen Zahlkörper, 4. —

Universität Graz.

Benndorf: Experimentalphysik II, 3; Physik II: Mechanik, für Vorgeschrittene, 2; Konversatorium: Besprechung physikalischer, geophysikalischer und astrophysikalischer Fragen (mit Hiltebrand und v. Ficker), 2 *g*; Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 6 *g*: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*. — **Waßmuth**: Mechanik nichtstarrer Körper: Elastizitätstheorie, Akustik und Hydrodynamik, 5; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. — **Streintz**: Das Leitvermögen der Metalle und nichtelektrolytischer Metalliverbindungen, 2. — **v. Ficker**: Dynamik der Atmosphäre, 2; Luftelektrizität, 2; Föhnerscheinungen, 1. —

Scholl: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger (mit Skrabal), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl.; Stereochemie, 1. — **Kremann**: Physikalische Chemie II, 3; Physikalisch-chemische Rechenmethoden, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Skrabal**: Maßanalyse, 2; Chemie der Metalle, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen und analytischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **v. Hemmelmayr**: Chemische Technologie der Brennstoffe und des Verbrennungsprozesses, mit Exkursionen, 2. —

v. Dantscher: Analytische und projektivische Geometrie des Raumes, 5; Mathematisches Seminar I, 2. — **v. Daublebsky**: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 2; Differentialgeometrie, 3; Elementarmathematik II, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streinler**: Darstellende Geometrie IV, 3. — **Hillebrand**: Praktische Astronomie, 3; Sphärische Astronomie (Fortsetzung), 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Physik: Elektrizitätslehre, 5; Elektrotechnik, 3, Übungen: Praktische Messungen, 8. — **Streintz**: Physik: Mechanik, Optik und Wärmelehre, 4; Der Bleiakkumulator, 1 1/2. —

Emich: Organische Chemie II, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, nach Verabredung; Anleitung zur mikrochemischen Analyse, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse II, 2, Laboratoriumsunterricht und Übungen II, 16; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der organisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **B. Reinitzer**: Laboratoriumsunterricht und Übungen in der chemischen Maßanalyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Elektrochemie II: Angewandte Elektrochemie, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **v. Cordier**: Moderne Theorien der organischen Chemie, 2. — **v. Hemmelmayr**: Organische Elementaranalyse und quantitative Bestimmung von Atomgruppen in organischen Verbindungen, 2. — **Fuhrmann**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3, Übungen, 4; Einführung in die Ausübung der Photographie, 1. —

Hocevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **N. N.**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **v. Peithner**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 3, Repetitorium, 2, Übungen, 6, Seminarübungen: a) Unterseminar, 2, b) Oberseminar, für Vorgeschrittene, 2; Projektive Geometrie II, 3, Übungen, 3; Die Durchdringung von Flächen zweiten Grades, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik, einschließlich der Elemente der graphischen Statik II: Statik, Kinematik, Dynamik, 4, Übungen, 3 und 2; Technische Mechanik II: Hydrostatik, Hydraulik, Mechanik der Gase, Flug- und Luftschiffahrt, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätische Feldübungen, 8; Sphärische Astronomie, 2; Katastervermessung, 3, Übungen, 17. —

Universität Greifswald.

Mie: Theorie der Wärme: Thermodynamik, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Theorie des Wirkungsquantums, 2 *g*; Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*. — **Starke**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Herweg**: Die drahtlose Telegraphie mit Berücksichtigung der neuesten Arbeiten, 1. —

v. Auwers: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum (für Pharmazeuten und Nahrungs-

mittelchemiker mit Scholtz), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Strecker), 4, Erläuterungen, $1/2$ *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Sterilisationskursus für Pharmazeuten, 2; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Radioaktivität, 1; Atom- und Molekulargewichtsbestimmung: Entwicklung in den letzten 100 Jahren, 1; Besprechung einfacher Aufgaben und neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie, 1 *g*; Physikalisch-chemische Übungen, $3\,1/2$—$7\,1/2$. — **Posner**: Chemie der Benzolderivate, 2; Theorie und Praxis der Photographie, 1, Praktische Übungen, 2, Exkursionen, 1 *g*. — **Strecker**: Gewichtsanalyse, 2; Titrieranalyse, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Eisenlohr**: Teerfarbstoffe II, 1; Spektrochemie organischer Körper, 1. —

Hausdorff: Differentialgeometrie: Theorie der Kurven und Flächen II, 4, Übungen, $1\,1/2$; Theorie der Transformationsgruppen, 4; Homogene Koordinaten- und Invariantentheorie, 2 *g*. — **Vahlen**: Algebra II, 4, Übungen, 2 *g*; Festigkeitslehre, 2 *g*. — **Blaschke**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Mechanische Theorie der Wärme, 2 *g*; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl. — **Schmidt**: Theoretische Optik, 4; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Wigand**: Chemische und elektrische Wirkungen des Lichtes, 1; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Bernstein**: Mechanisch-technisches Praktikum, 2. — **Thiem**: Photographischeer Kurs, 2. —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Über die Natur der Radikale, 1 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4. — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel I, 2; Chemische Prüfung der Drogen und galenischen Präparate, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Baumert**: Nahrungsmittelchemie, 2; Die wichtigsten Lebensmittel und deren Verfälschungen, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Tubandt**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum, 6. — **Erdmann**: Organische Farbstoffe, 1; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend. —

Wangerin: Differentialrechnung, 4, Übungen, 14tägig, 2 *g*; Analytische Mechanik, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Variationsrechnung, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Buchholz**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Praktische Übungen in geographischer Ortsbestimmung mit Theodoliten und Sextanten, 2 *g*. — **Eberhard**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*. — **Pfeiffer**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4 *g*. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Leithäuser), 4; Luftschiffahrt, 2. — **Leithäuser**: Photographie, 2; Elektrische Wellen und drahtlose Telegraphie, 2 *g*. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Brückmann, Bischoff und Ilmer) I, 8, II, nach Verabredung, III für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen II (mit Dreyer), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Dreyer): Transformatoren und Wechselstrommaschinen, 3, Übungen, 2; Elektrische Bahnen II, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 1, 2, II, 1; Asynchronmotoren, 1 *g*. — **Brückmann**: Einführung in die Rechnung mit vektoriellen Größen, 1 *g*; Drehstrom-Kollektormotoren, 1; Elektrotechnisches Seminar, 1. — **Humann**: Elektrische Kabel, 2. —

Seubert: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, König und Struve), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Maßanalyse, 2. — **Behrend**: Grundzüge der organischen Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Ingebrigtsen und Nottbohm), tägl. außer Sonnabend. — **Decker**: Einführung in die Patentliteratur, 1; Synthese natürlicher Stoffe, 1. — **Ost** Zuckerindustrie und Gärungsgewerbe, 3; Farbstoffe und Färberei, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Albers), tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Angewandte Elektrochemie, 3; Elektrochemische Übungen (mit Meinecke), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Meinecke), tägl. außer Sonnabend; Übungen in der Elektroanalyse (mit Meinecke), 7. — **Bergius**: Anwendung der physikalisch-chemischen Betrachtungsweise auf einzelne Zweige der chemischen Industrie, 1. — **Laves**: Grundzüge der physiologischen Chemie, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik II (mit Prange), 6, Übungen, 2, Repetition, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Theorie und Anwendung der Determinanten, 1; Analytische Geometrie des Raumes, 3. — **Müller**: Höhere Mathematik (mit Prange), I A, 6, Übungen, 2, III A, 3, Übungen, 1. — **Rothe**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 1; Die Differentialgleichungen der technischen Mechanik, 1. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter, Culemeyer und Müll), 3, Übungen, 6, I, 3, Übungen, 6, II, 3, Übungen, 6. — **Weber**: Mechanik I: Grundzüge der Mechanik (mit Wickert und Bornemann), 4, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik: Probleme der Hydromechanik (mit Wickert und Bornemann), 1; Aeromechanik in ihrer Anwendung auf Motorluftschiffe und Flugzeuge (mit Wickert und Bornemann): Die empirischen Grundlagen der Aeromechanik, 1, Übung, 1. — **Oertel**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 3; Praktische Geometrie, Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I: Praktische Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der Astronomischen Ortsbestimmung, mit Übungen, 2. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalischen und radiologischen Laboratorium (mit Becker und Ramsauer), tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*. — **Pockels**: Theoretische Optik, 4, Übungen, 1; Elektronentheorie, 2. — **Becker**: Radiologie: Radioaktivität mit Demonstrationen, 2. — **Ramsauer**: Über das optische und elektrische Verhalten schnell bewegter Systeme, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum für Anfänger und für Vorgeschrittene, 2. —

Curtius: Experimentalchemie I: Allgemeine Chemie und Metalloide, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere in anorganischer, organischer, physikalischer, analytischer und pharmazeutischer Chemie (mit Jannasch, Knoevenagel, Trautz, Stollé, Ebler, Muckermann und Müller), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfänger-Praktikum für Mediziner (mit Knoevenagel), 4. — **Jannasch**: Titrieranalyse, 2; Giftanalyse, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Ebler), 4; Che-

chisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel (mit v. Mayer), 5. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie, anorganische Prozesse mit Ausflügen, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in Färberei und Druckerei, 4—6 Wochen. — **Trautz**: Physikalische Chemie: Die Veränderungen der Materie, Photochemie, Chemische Reaktionsgeschwindigkeit, 3; Einführung in das physikalisch-chemische Praktikum, 1; Praktische Einführung in die physikalische und Elektrochemie, 4 bis 6 Wochen. — **Krafft**: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger, tägl. außer Sonnabend. — **Dittrich**: Quantitative Analyse durch Elektroanalyse, mit Übungen, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Nichtchemiker, sowie für Vorgeschrittenere, mit Übungen im Experimentieren, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum in analytischer und organischer Chemie, 4 Wochen. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Mohr**: Besprechung neuerer organisch-chemischer Arbeiten, 1. — **Ebler**: Spektralanalyse, 1; Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1. — **Muckermann**: Über neuere Arzneimittel, 1; Repetitorium der Chemie für Pharmazeuten, 2. — **Müller**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. —

Koenigsberger: Differential- und Integralrechnung, 4; Übungen im mathematischen Unter- und Oberseminar, 2. — **Stäckel**: Algebraische Analysis, 4; Einführung in die Zahlentheorie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1. — **Wolf**. Elemente der Meteorologie, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der Spektralanalyse, 1. — **Cantor**: Politische Arithmetik, 2. — **Koehler**: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Synthetische Theorie der Flächen zweiter Ordnung, 1. — **Boehm**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 4; Funktionentheorie, 4. — **Kopff**: Bahnbestimmung II (spezielle Störungen), 1. — **Bopp**: Partielle Differentialgleichungen, 2. — **Mertens**: Einführung in die Maschinen- und Elektrotechnik, mit Exkursionen, 2 *g*. —

Universität Innsbruck.

v. Schweidler: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik II, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Elektrizitätsleitung durch Ionen und Elektronen, 3. — **Hammerl**: Elektrische Energieverteilung: Licht und Kraft, Hochspannungsanlagen, elektrische Bahnen, 2 *g*. — **Exner**: Theorie der Winde, 3; Geophysikalisches Praktikum, 2. —

Brunner: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Chemiker und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend; Chemische Übungen für Mediziner, 6; Theoretische Anleitung zu den praktischen Übungen der Anfänger, 1 *g*. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Chemische Technologie der tierischen Rohstoffe mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse des Nahrungsmittelchemikers, 2 *g*. —

Gmeiner: Analytische Geometrie (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Anwendung der Differentialrechnung und der Integralrechnung auf Geometrie und Bewegungslehre (Fortsetzung): Flächentheorie, mit Übungen, 5 *g*; Ausgewählte Abschnitte der Topologie, 1; Mathematisches Seminar für Anfänger: Einführung in die Differentialrechnung und die Integralrechnung an der Hand eines Textes (Fortsetzung), 1. — **Menger**: Elemente der projektiven Geometrie (Fortsetzung), 2 *g*. — **Prey**: Veränderliche Sterne, 2; Kartenprojektionen, 3. —

Universität Jena.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker), für Physiker, 6, für Chemiker und Pharmazeuten, 4, für Mediziner, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel, Baedeker und Pauli), tägl.; Physikalisches Kolloquium, *g*. — **Auerbach**: Theoretische Optik, 4; Einführung in die theoretische Physik: Begriffe, Prinzipien, Methoden, 3; Das naturwissenschaftliche Weltbild, 1. — **Straubel**: Interferenz und Beugung, 1. — **Baedeker**: Experimentalphysik III: Ergänzungen zum Hauptkolleg, für Fortgeschrittene, 2; Praktikum für Fortgeschrittene, 4. — **Pauli**: Spektralanalyse, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): Voll- und Halbpraktikum, tägl., für Mediziner, 6 und 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Schneider), 40. — **Wolff**: Maßanalyse, $1^1/_2$; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorganischen und organischen Chemie (Experimentalchemie), 5; Chemisches Praktikum für Landwirte: a) Kleines, 7, b) Großes, tägl.; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 2 *g*. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Technisch-chemischer Kursus, 2; Technisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 3; Darstellung und Untersuchung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, 15; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Theoretische und praktische Übungen in der Sterilisierung der Arzneimittel und Verbandstoffe. — **Marc**: Grundlagen der physikalischen Chemie II: Elektrochemie, 2; Spezielle anorganische Chemie: Chemie des Radiums und der seltenen Erden, 1; Anleitung zum selbständigen Arbeiten auf physikalisch-chemischem Gebiete, ganz- bzw. halbtägig; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 14tägig. — **Vollmer**: Technische Thermodynamik mit Exkursionen, 2, Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Landwirtschaftliche Maschinen II, mit Exkursionen, 1. — **Schneider**: Chemie der Kolloide, 1. —

Thomae: Elementare Funktionentheorie: Algebraische Analysis, 5. — **Haußner**: Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Analytische Geometrie der Ebene, 4, Proseminar, 2 *g*; Theorie und Anwendung der Determinanten, 2; Theorie der krummen Flächen II, 2; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Frege**: Analytische Mechanik II, 4; Begriffsschrift II, 1. — **Knopf**: Bestimmung der Bahnen der Himmelskörper, 3; Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 4; Praktische Übungen in der Geländeaufnahme: Nivellieren, Feldmessen usw., 2. — **Ambronn**: Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Übungen zur Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie, nur für Fortgeschrittenere, 1. — **Winkelmann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, Photogrammetrie, mit Übungen, 4; Vektoranalysis mit Anwendungen, 2, Übungen, 1. — **Thaer**: Grundlagen der Analysis, 2. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Physik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Verabredung. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Atmosphärische Elektrizität, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4; Exkursionen, 1 Nachmittag. — **Schultheiß**: Geschichte und Wesen der Witterungsvoraussage, 1. — **Richter**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 2, II: Synchronmaschinen und Umformer, 2; Übungen im

Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium für Vorgeschrittene, einschließlich Hochfrequenzmessungen und drahtlose Telegraphie (mit Schleiermacher, Hausrath und Schwaiger), 6; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Elektrische Leitungen und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrizitätsverwertung, 1. — **Hallo**: Theorie der Wechselströme I, 2, Übungen, 2, II einschließlich Transformatoren und Induktionsmotoren, 2, Übungen, 2. — **Hausrath**: Instrumente und Apparatebau, 2; Hochfrequenzmeßkunde, 1. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe II: Ortsfeste Motoren, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2, Übungen, 2; Hochspannungstechnik, 1. —

Engler: Organische Chemie I, 4; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Bredig**: Physikalische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie und ihrer Anwendungen, 1; Demonstrationen technisch-elektrochemischer Prozesse (mit Askenasy), 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs, mit Vorträgen. — **Bunte**: Chemische Technologie I, 2, II, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4, für Maschineningenieure, 3, für Vorgerücktere, tägl.; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Technologische Exkursionen. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie I, 2. — **Dieckhoff**: Anorganisch-pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I und II, 1, Übungen, 4. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1. — **N. N.**: Chemie der flüssigen und komprimierten Gase, 1. — **Kast**: Moderne Spreng- und Treibmittel, 2. — **Koenig**: Chemie der Metalle, 2. — **N. N.**: Phasenlehre und ihre metallographischen Anwendungen mit Demonstrationen, 2; Einleitende Vorträge in die physikalische Chemie und Elektrochemie: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 1. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **Skita**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe II: Die Chemie der künstlichen und natürlichen Farbstoffe, 2; Übungen in Färberei und Druckerei, 2. — **Steinkopf**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen I und II, 1; Chemie der Alkaloide, 1. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 1. —

Disteli: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Konstruktive Übungen der Perspektive, 3. — **Heun**: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4; Höhere Mathematik II, 2. — **Fueter**: HöhereMathematik I, 6, Übungen, 2. — **N. N.**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Höhere Algebra, 2. — **Noether**: Theorie der technischen Kreisetanwendungen, 3. — **Vogt**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I und II, 3, Übungen, 1; Projektionslehre, 2, Übungen, 4. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II, 6, III, 3; Größere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Bürgin**: Katastervermessung I, 2, Übungen, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 3, c) für Fortgeschrittene, tägl. — **Weber**: Potentialtheorie und Elektrostatik, 4; Theorie physikalischer Meßapparate mit anschließenden Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Zahn**: Ausgewählte physikalische Experimente mit mathematischen Ergänzungen, 1. — **Martienssen**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, Schwingungslehre, 1. —

Harries: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum I: Anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, II: Organische Abteilung, tägl., für Mediziner (mit Feist), 4; Chemische Gesellschaft: Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie (mit Rügheimer, Feist, Mumm, Preuner und Stark), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, 1 *g*; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Berend**: Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, 3/4; Kolloquium der organischen Chemie für Naturwissenschaftler, nach Verabredung, *g*. — **Stoehr**: Alkaloide, 1. — **Feist**: Chemie der Benzolderivate, 2; Moderne Eisengroßindustrie, 1; Kurze Übersicht über die anorganische und organische Chemie, 1. — **Preuner**: Einführung in die Elektrochemie, 2; Elektroanalytische Übungen, 2 bis 3 Wochen. — **Mumm**: Analytische Chemie, 2. — **Stark**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Einführung in die Terpenchemie, 1. —

Pochhammer: Einleitung in die Algebra und Determinantenlehre, 4; Differentialgeometrie, 4; Übungen im Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Praktische Astronomie, 3, Übungen, *g*. — **Kobold**: Niedere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen, 2 *g*. — **Dehn**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Mechanik, 4; Übungen und Vorträge aus der angewandten Mathematik (mit Neuendorff), 1 *g*. — **Wilkens**: Einführung in die Poincarésche Untersuchung der Planetenbewegungen, 1. — **Neuendorff**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, besonders graphische Statik mit Zeichenübungen, 4. —

Bergakademie Klausthal.

Valentiner: Physik II, 5; Physikalisches Praktikum, 3; Physikalische Grundlagen der Wärmetechnik, 2; Vibrationslehre: Einführung in die Wechselstromtechnik, 1. — **Wallot**: Physikalisches im Bergbau und Hüttenbetrieb, 2. — **Zimmer**: Physikalisches Repetitorium, 2. — **Süchting**: Maschinenkunde II, 3; Elektrotechnik II, 2; Maschinenelemente, 2, Übungen, 2; Projektierung, Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, 2; Maschinenzeichnen, Übungen, 2. —

Biltz: Allgemeine Chemie II: Metalle, 4; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 2; Qualitative und quantitative chemische Analyse: Gewichts- und Maßanalyse, Praktikum, tägl.; Lötrohrprobieren II, 3. — **Mecklenburg**: Elektroanalyse, mit Übungen, 3; Kolloquium über anorganische Chemie, 2. —

Mohrmann: Höhere Mathematik und Mechanik II, 8; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 2. —

Universität Königsberg.

Kaufmann: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalische Übungen für Mediziner, Chemiker und Biologen, 3; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Volkmann**: Elektrodynamik, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, mit besonderer Berücksichtigung der Grundbegriffe und Grundsätze der Mechanik, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: a) Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6, b) Leitung großer spezieller Arbeiten, ganztägig; Anleitung zur physikalisch-technischen Vorbereitung auf elementare Experimentalvorträge mit besonderer Rücksicht

der Bedürfnisse der Schule (mit Hoffmann), 2 *g.* — Hoffmann: Elektrizitätsleitung in Gasen, 1. —

Klinger: Organische Chemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Benrath und Blochmann), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 2 Nachmittage; Besprechung neuerer Arbeiten (mit Benrath und Blochmann), 1 *g.* — **Stutzer**: Chemie für Landwirte, 3; Agrikulturchemie: Ernährung der Pflanzen, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemie (mit Goy), tägl. außer Sonnabend; Landwirtschaftliche Exkursionen, *g.* — **Blochmann**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, mit anschließenden Besichtigungen von Fabrikanlagen, 1; Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Besprechung ausgewählter Kapitel aus der technischen Chemie, 1 *g.* — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 3; Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Arzneimittelprüfung, 1 *g.* — **Benrath**: Elektrochemie, 2; Geschichte der Chemie, 1 *g.* — **Goy**: Repetitorium der landwirtschaftlichen Chemie, 2; Fütterungsfragen, einschließlich der Futterberechnungen, 1. —

Meyer: Analytische Geometrie der Ebene, mit Übungen, 4; Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g.*; Mathematische Gesellschaft (mit Faber), 1 *g.* — **Battermann**: Geographisch-astronomische Ortsbestimmung, 2, Übungen, 2 Abende *g.* — **Faber**: Differentialrechnung, mit Übungen, 4; Mathematisches Seminar: Lektüre mathematischer Klassiker (mit Bieberbach), 2 *g.*; Über Wert und Wesen der Mathematik, 1 *g.* — **Kaluza**: Angewandte Mathematik: Ausgleichungsrechnung, Kollektivmaßlehre, Versicherungswesen usw. nebst einer Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 4; Einführung in die Mengenlehre, 2; Repetitorium der Elementarmathematik II, 2. — **Bieberbach**: Elliptische Funktionen, 4; Graphische Methoden, 2; Über Erdbebenwellen, 1 *g.* —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl und Füchtbauer), tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Füchtbauer), 3, 6 oder 9, für Mediziner und Pharmazeuten (mit Scholl und Füchtbauer), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g.* — **Des Coudres**: Elektrizität und Magnetismus: Maxwellsche Theorie, 4; Thermodynamische Übungen (mit Drucker und Fredenhagen), 1 *g.*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl. — **Bjerknes**: Die Elemente einer graphischen Mathematik zur Behandlung naturwissenschaftlicher Aufgaben, im besonderen der Meteorologie und der Hydrographie, 2; Arbeiten im Geophysikalischen Institut, nach Verabredung. — **v. Oettingen**: Das duale Harmoniesystem, 2 *g.* — **Fischer**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, für Mediziner und Naturwissenschaftler, insbesondere für Chemiker, 3. — **Scholl**: Polarisiertes Licht, mit besonderer Berücksichtigung der Kristalloptik und Saccharimetrie, experimentell behandelt, 1. — **Marx**: Vektoranalysis mit Anwendungen auf die Physik, 1. — **Fredenhagen**: Einführung in die theoretische Physik, 2. — **Jaffé**: Elektronentheorie der Metalle, 1. — **Lilienfeld**: Technik der Gasverflüssigung, 1 *g.* — **Füchtbauer**: Strahlungstheorie, 1. — **Donner**: Handfertigkeitsunterricht, 3. —

Hantzsch: Anorganische Experimentalchemie, 5, Ergänzung, 1 *g.*; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), tägl.; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), 6 *g.*; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum mit Sterilisierkurs (mit Schaefer), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Schaefer), 6; Organisch-chemisches Vollpraktikum (mit Reddelien), tägl.; Chemisches Praktikum für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, mit Demonstrationen unter Berücksichtigung der Technik, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittene (mit Böttger und Drucker), tägl.; Photochemisch-photographisches Praktikum (mit Schaum), tägl.; Chemisches Praktikum: Analytische und präparative anorganische und organische Arbeiten (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auch für Mediziner, auf Wunsch Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall und Drucker), 4 und 8; Photochemische Übungen: Spektralanalyse, Photographie, Photometrie, Mikroskopie (nach Auswahl) (mit Schaum), 4; Übungen in Elektroanalyse mit besonderer Berücksichtigung der Schnellmethoden (mit Böttger); Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schaum, Böttger und Drucker), $1^1/_2$ *g.* — **Paal**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, analytisch, anorganisch und organisch (mit Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deussen und Waentig), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum (mit Deussen und Scheiber), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Sieverts und Waentig), 6, für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl.; Übungen im Sterilisieren (mit Deussen), für Pharmazeuten, *g.* — **Stobbe**: Organische Experimentalchemie: Die aromatischen Verbindungen, 2. — **Wagner**: Zur Methodik und Didaktik des chemischen Unterrichts, 1; Didaktische Besprechungen zum Praktikum für Lehrer: Stoffwandlung, 1 *g*; Technik der Experimentalchemie und Demonstrationen von Schulversuchen, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl. — **Rassow**: Gasanalytische Übungen, 1; Chemische Technologie, Brenn- und Leuchtstoffe, sowie ausgewählte anorganische Betriebe, mit Exkursionen, 2; Chemisch-technologisches Praktikum, tägl.; Metallurgie, mit Exkursionen, 1. — **Schaum**: Einführung in die Geschichte der exakten Naturwissenschaften, 1; Anleitung zur Behandlung der wichtigsten optischen usw. Demonstrationsapparate, 1; Grundfragen der Photochemie, mit Diskussion, 1 *g.* — **Schall**: Ausgewählte Kapitel der elektrochemischen Technik, 1; Die Elektrosynthese, 1. — **Böttger**: Elektroanalyse, 1 *g.* — **Heller**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Drucker**: Physikalisch-chemische Thermodynamik, 2. — **Deussen**: Harnanalyse, 1. — **Scheiber**: Maßanalyse für Pharmazeuten und Chemiker, 2; Praktikum für Milch-, Blut- und Harnuntersuchung, für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner (mit Waentig), 4. — **Sieverts**: Spezielle anorganische Chemie, insbesondere Chemie der Metalle und der technisch wichtigen seltenen Elemente, mit Experimenten, $1^1/_2$. — **Ostwald**: Angewandte Kolloidchemie, 1. — **Waentig**: Das Eiweiß und seine Bausteine, 1. — **Schaefer**: Analytische Chemie unter Berücksichtigung ihrer theoretischen Grundlagen, mit Demonstrationen, 2. — **Reddelien**: Neuere Theorien und Forschungsergebnisse der organischen Chemie, 1. —

Hölder: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4, Übungen (mit König), 1 *g.* — **Bruns**: Geometrische Optik, 4; Praktikum zur Instrumentenkunde, 4 Nachmittage; Praktische Arbeiten in der Sternwarte, *g.* — **Rohn**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Projektive Geometrie, 2, Übungen, 1 *g.* — **Herglotz**: Algebra, 4; Höhere Probleme der Elementarmathematik, 2; Einführung in neuere funktionentheoretische Literatur (mit Koebe), 14tägig, 2 *g.* — **Koebe**: Funktionentheorie, 4; Fouriersche Reihen und bestimmte Integrale, 2. — **König**: Algebraische Analysis, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g.* — **Schulze**: Kinetische Gas-

theorie, 2. — **Take**: Ausgewählte Kapitel aus der Elektrizitätslehre, 1; Physikalische Technologie, mit Demonstrationen und Exkursionen, 2. —

Zincke: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie für Chemiker und Mediziner, 6; Praktische Übungen in anorganischer, organischer und analytischer Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Fries), halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Fries), 4. — **Schmidt**: Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller), hierzu Qualitative Analyse. — **Thiel**: Physikalische Chemie I, 3; Grundzüge der physikalischen Chemie für Mediziner und Pharmazeuten, 1; Einführung in die physikalische Chemie und theoretisch-chemische Übungen, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2. — **Fries**: Technologie der wichtigeren anorganischen Verbindungen, mit Exkursionen, 2; Chemie der Terpene, 1; Chemisches Kolloquium, 2; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Organische Chemie, 1. — **Reißert**: Chemie der Benzolverbindungen, 2. — **Fritsch**: Pyridinderivate, *g*. — **Keller**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Prüfung der Arzneimittel II: Organische Präparate, 1; Übungen im Sterilisieren, 2. — **Flade**: Kolloidchemie, 1. —

Hensel: Analytische Geometrie, 4; Quadratische Zahlkörper, 3; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 3; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Analytische Mechanik, 4; Graphische Statik, mit Übungen, 4; Übungen aus der Geodäsie, nach Verabredung, *g*. — **Hellinger**: Funktionentheorie, 4; Mathematische Übungen für mittlere Semester, 2. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 12. — **Sommerfeld**: Partielle Differentialgleichungen der Physik, 4, Übungen, 2 *g*; Relativitätstheorie, 2, Besprechungen, 2 *g*; Selbständige Arbeiten im Institut für theoretische Physik, halbtägig. — **Graetz**: Experimentalphysik II: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Einleitung in die theoretische Physik II, 2; Physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, tägl. *g*. — **Donle**: Doppelbrechung und damit zusammenhängende Erscheinungen, 2. — **Koch**: Photographie als Hilfsmittel der physikalischen Forschung, mit Demonstrationen, 1. — **Schmauß**: Die Wetterprognose, mit Übungen an der Wetterkarte, 2; Die physikalischen Grundlagen der Ballonführung, 1. — **Wagner**: Über die Schwingungsvorgänge auf mechanisch-akustischem und optisch-elektrischem Gebiete, mit Experimenten, 1. — **Bidlingmaier**: Einführung in Erdmagnetismus und verwandte Gebiete, 2, Übungen, 1 *g*. —

v. Baeyer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium (mit Piloty, Vanino, Prandtl in der unorganischen, mit Piloty, Vanino, Dimroth, Dieckmann und Wieland in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty und Vanino), 4; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium für fortgeschrittenere Mediziner (mit Piloty), ganz- oder halbtägig. — **Paul**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 4; Nahrungsmittelchemie II, mit Exkursionen, 1½; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Organische Präparate, 2¼; Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (die pharmazeutisch-chemischen Übungen mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend; Übungen für praktische Apotheker, nach Verabredung. — **Piloty**: Über analytische Chemie II, 3; Elektrolytisches Praktikum, 4—5 Wochen. — **Dimroth**: Spezielle organische Chemie I: Aliphatische Verbindungen, 4; Forstliche Chemie: Chemische Technologie für Forstleute, 1. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie I: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Dieckmann**: Alkaloide, 1 *g*. — **Wieland**: Technologie der Metalle: Metallurgie, mit Exkursionen, 2; Neuere organische Arbeiten in ausgewählten Kapiteln, 1. — **Heiduschka**: Neuere Arzneimittel, 1; Gerichtliche Chemie II, 2; Chemische Wertbestimmung von Drogen und galenischen Arzneimitteln, 1. — **Pummerer**: Einführung in die Färberei mit praktischen Übungen, 3. — **Meyer**: Elektrochemie, 1. — **Kalb**: Heterozyklische Verbindungen, 1. —

Lindemann: Analytische Geometrie des Raumes, 5; Theorie der bestimmten Integrale und der Fourierschen Reihen, 4; Mechanik deformierbarer Körper, 2; Mathematisches Seminar, 1½. — **v. Seeliger**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 4; Praktisch-astronomische Übungen (mit Großmann). — **Voß**: Integralrechnung, 4, Übungen, 2; Einleitung in die Theorie der algebraischen Flächen und Kurven, 3; Mathematisches Seminar, 2. — **Pringsheim**: Ausgewählte Kapitel aus der Funktionentheorie, 4; Algebra II, 4. — **Brunn**: Anfänge der geometrischen Gestaltenlehre, einer im Anschluß an die Analysis situs entstehenden Disziplin, 3. — **Hartogs**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 3. — **Böhm**: Integralgleichungen II: Entwicklung willkürlicher Funktionen, Anwendungen auf Randwertaufgaben (ohne Voraussetzung von Integralgleichungen I), 3; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Statistik und Versicherungsmathematik, 2; Mathematische Ergänzungen und Übungen zur Lebensversicherung, 2. — **Dingler**: Elemente der Differentialgeometrie der ebenen Kurven, 3. — **Rosenthal**: Algebraische Analysis, für Anfänger, 4; Punktmengenlehre mit Anwendungen auf Geometrie und Analysis, 3. —

Technische Hochschule München.

N. N.: Experimentalphysik II: Elektrophysik II, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, nach Verabredung. — **Fischer**: Grundzüge der Physik II: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 3; Apparate und Methoden des physikalischen Unterrichts an Mittelschulen II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 3; Wellenlehre mit besonderer Berücksichtigung der Optik und Akustik, 2. — **Knoblauch**: Kinetische Gastheorie, 2; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung. — **Emden**: Konstruktion und Führung der Luftschiffe, 3. — **Dieckmann**: Drahtlose Telegraphie, 2. — **von und zu Aufseß**: Populäre Astrophysik II, 2. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4, Übungen, 2, Praktikum, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure, 3; Elektrische Meßtechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 4 und 2. — **Ossanna**: Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen III: Transformatoren und Asynchronmotoren, 4; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 4 und 2; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4; Entwerfen von Wechselstrom-Kommutatormotoren, 4. — **Kadrnozka**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen I: Elektrische Lichttheorie, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2, Übungen,

5. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Übungen, 3. —

Muthmann: Allgemeine Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Praktikum in der technischen Gasanalyse (mit Hofer), 3; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Rohde**: Heterozyklische Verbindungen I, 2. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse I, 4; Die elektrochemischen Prozesse, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie mit Brennmaterialienlehre und Feuerungskunde V; Organische Farbstoffe, Färberei, 4; Praktikum im chemischtechnischen Laboratorium, 20 bis 70; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemischtechnische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4; Chemisches Praktikum für Kandidaten des höheren Zoll- und Steuerdienstes, 3. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 30; Grundzüge der organischen Chemie und Einführung in die Technologie und Warenkunde mit besonderer Berücksichtigung der Gärungsgewerbe, 4. —

v. Dyck: Höhere Mathematik II, 6, Übungen, 2; Algebra, 4; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder, Burkhardt und Liebmann), 2. — **Burkhardt**: Höhere Mathematik IV, 2, Übungen, 2; Partielle Differentialgleichungen der Physik, 4. — **Doehlemann**: Grundzüge der höheren Mathematik II, 4, Übungen, 2; Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Liebmann**: Bestimmte Integrale und trigonometrische Reihen, 3, Übungen, 1; Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 1. — **Finsterwalder**: Einführung in die Lehre von den algebraischen Kurven, 4; Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum, 4 und 8; Hauptvermessungsübungen, 2 Wochen; Katastertechnik mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte und derzeitige Gestaltung des bayerischen Katasters II, 3, Praktikum IV, 8 und 2; Kartierungsübungen, 4. — **Föppl**: Technische Mechanik einschließlich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik I: Einführung in die Mechanik, 4, IV: Dynamik, 3, Übungen, 2; Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Matthies), 3 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen und Matthies), 14tägig, 2 *g*. — **Konen**: Optik, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate, 3. — **Matthies**: Elektrotechnisches Praktikum: Messungen an Dynamomaschinen, Motoren und Transformatoren für Gleich- und Wechselstrom, 3; Geschichte der Physik im 19. Jahrhundert, 1 *g*. —

Salkowski: Organische Chemie, 5; Chemie der Metalle, 2 *g*; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Ley), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Kaßner und Ley), 6. — **Kaßner**: Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des Deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Papier- und Zellulosefabrikation, sowie der Zündrequisiten, 1; Pharmazeutisch-chemische, maßanalytische und toxikologische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere Bearbeitung selbständiger wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, Gasanalyse, tägl. außer Sonnabend; Über Gifte und deren Nachweis in Untersuchungsobjekten, 1 *g*. — **Ley**: Physikalische Chemie II, 2, Ergänzungen, 1 *g*. — **König**: Übungen im Laboratorium der Landwirtschaftlichen Versuchsstation, tägl. *g*. — **Bömer**: Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 2 *g*; Besprechung ausgewählter Kapitel der Nahrungsmittelchemie, 1 *g*. —

Killing: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik I, 4; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Analytische Geometrie I, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **Timpe**: Technische Mechanik: Elastizität und Festigkeit, 1; Graphische Methoden und mathematische Instrumente, 1; Kolloquium über Fragen der angewandten Mathematik (mit Schewior), 1 *g*; Übungen im Gebrauch der geodätischen, einschließlich photogrammetrischen Instrumente (mit Schewior), 1 *g*. — **Schewior**: Elemente der höheren Geodäsie, 1; Theorie der geodätischen, einschließlich photogrammetrischen Instrumente, 1; Die wesentlichen Methoden der Nautik, 1; Grundzüge der Aeronautik, 1; Übungen zur Nautik und Aeronautik, 1 *g*. — **Plaßmann**: Über den Mond, 2 *g*; Die astronomischen Instrumente, 2; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, nach Verabredung, *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Elektrizitätslehre I, 2; Magnetismus, 1; Physikalisches Kolloquium, 1; Praktische Übungen, 3; Übungen für Vorgeschrittene, nach Verabredung; Photographie (mit Hamann und Wörner), 2. —

Wörner: Chemie der zyklischen Kohlenstoffverbindungen, 2; Chemische Übungen für Anfänger, 2, für Geübtere, nach Verabredung. —

Kummerow: Integralrechnung, 3. — **Paur**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Mechanik, 1, Übungen, 1. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum II (Fortsetzung), a) für Mathematiker und Physiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Frank**: Die neueren Theorien der Elektrizität und des Magnetismus, 3; Einführung in die Behandlung der partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 2, Übungen, 1 *g*; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete des Magnetismus, 1 *g*. — **Weiß**: Dioptrik zentrierter Systeme, 1. — **Spitaler**: Atmosphärische Elektrizität, 2; Ozeanographie: Physik des Meeres, 2. —

Meyer: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. *g*. — **Rothmund**: Physikalische Chemie II, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Kirpal**: Chemische Großindustrie, 3. — **Hönigschmid**: Analytische Chemie für Mediziner, 3. — **Herzog**: Fermente, 1. —

Pick: Differentialgleichungen, 3; Funktionentheorie (Fortsetzung): Elliptische Funktionen, 2; Mathematische Übungen, 2 *g*. — **Kowalewski**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Geometrie, 3; Fouriersche Reihen und Integrale, 2; Übungen zur Einführung in die Determinantentheorie, 2. — **Weinek**: Theorie des Aquoreals und seiner Mikrometer, 3; Übung im astronomischen Beobachten an den Instrumenten der Sternwarte, 2; Doppelstern- und Satelliten-Bahnbestimmung, 1 *g*. — **Scheller**: Grundzüge der Astrophysik II (Fortsetzung), 2 *g*. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik: Elektrostatik, Stationäre Elektrizitätsströmungen, Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes, Magnetische Induktion, 5, für Kulturingenieure und

Geodäten, 3; Praktikum für Chemiker, 3, für Lehramtskandidaten, 6; Thermodynamik für Maschinenbauer, 3. — — **Außerwinkler**: Photographie, 4. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie: Klimatologisches Praktikum, 1. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 3, Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 2. —

Hönigschmid: Anorganische Chemie, 5; Analytische Chemie (anorganisch, quantitativ), 2; Übungen im anorganisch-chemischen und anorganisch-analytischen Laboratorium I und II, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 30. — **N. N.**: Organische Chemie, 4; Übungen im organisch-chemischen und organisch-analytischen Laboratorium; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Maßanalyse, 1; Physikalische Chemie III: Photochemie, 2; Elektrochemische Prozesse der Industrie, 3, Übungen, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. — **v. Gintl**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, 3, Übungen, 8; Untersuchung der Milch und Butter und Analyse der Fette, mit praktischen Demonstrationen, 1; Gasanalyse mit praktischen Übungen, 1; Gerichtlich-chemische Untersuchungen mit Demonstrationen, 1; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe II, 6; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe II, 6½, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Harpf**: Technologie des Schwefeldioxyds, 2. —

Carda: Mathematik I, 4, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1; Mathematik für Handelsschullehrer, 3. — **N. N.**: Mathematik IIa, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der nöheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 3; Politische Arithmetik, 2, Übungen, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 3, Konstruktive Übungen, 4, 5 und 6; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden und projektiven Geometrie, 3, Übungen, 4. — **N. N.**: Enzyklopädie der Mechanik, 4; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Mechanik II, 4, Repetitorium I, III, 3; Besondere technische Probleme der höheren Dynamik, 3. — **Nowak**: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 4, Repetitorium, 1. — **Haerpfer**: Elemente der niederen Geodäsie, 4; Theorie der Kartenprojektionen, 1. — **Adamczik**: Praktische Geometrie II: Niedere Geodäsie, 4½, Übungen, 6; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik, 2, Übungen, 2. — **Grünwald**: Die neuesten Fortschritte in der syst. Bewegungslehre starrer Gebilde, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Akustik, Wärme, 5; Physikalische Übungen: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler (mit Weber), zugleich Handfertigkeitsunterricht, 12, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Analytische Mechanik, 3; Optik, 2; Vektoranalysis, 1; Zeit- und Ortsbestimmung mit Übungen, 1. —

Michaelis: Anorganische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines chemisches Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, d) Übungen für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4. — **Stoermer**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 4; Maßanalyse, 1; Chemie der Zuckerarten, 1. — **Kümmell**: Elektrochemie, 3; Kleines elektrochemisches Praktikum, 4; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3—4; Physikochemisches Vollpraktikum: Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Kunckell**: Examinatorium der Chemie mit Gesetzeskunde für Pharmazeuten, 3; Maßanalytische Bestimmungen des Arzneibuches, 1; Einführung in die Harn- und Nahrungsmittelanalyse, 1; Technische Chemie, Untersuchung und Darstellung der zum Bau nötigen Produkte, 1. —

Staude: Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 4; Mathematisches Seminar, 2. — **Schlick**: Die philosophischen Grundlagen der Mathematik, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Theorie der Wärme, 3; Einführung in die Vektorrechnung, 1; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Mandelstam**: Die physikalischen Grundlagen der Telegraphen- und Fernsprechtechnik, 3. — **Papalexi**: Röntgenstrahlen: Eigenschaften und moderne Theorie, mit Demonstrationen, 1. —

Thiele: Experimentalchemie, organischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über organische Chemie, 1 *g*. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ausgewählte Arzneistoffe der nord- und südamerikanischen Pharmazie, 2; Die fetten Öle und Wachsarten in pharmakognostisch-chemischer Beziehung, 1; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Rosenthaler), tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum I (mit Rosenthaler), 3, II, 3. — **Rose**: Chemische Technologie der schweren Metalle, 3; Die Mineralfarben, 1 *g*. — **Wedekind**: Physikalische Chemie, 3; Analytische Chemie der Anionen und Maßanalyse, 2; Gasanalyse, mit Übungen, 2; Physikochemisches und elektrochemisches Praktikum, 4; Kolloquium über Fortschritte der anorganischen und physikalischen Chemie, 14tägig, 1 *g*. — **Straus**: Die Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei I, 3; Konstitutionsermittlung und Synthese der wichtigsten Pflanzenalkaloide, 1. — **Rosenthaler**: Physikalische und chemische Prüfungsmethoden des 5. Deutschen Arzneibuchs, 1. —

Weber: Bestimmte Integrale und Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Algebraische Funktionen, 1½ *g*. — **Schur**: Allgemeine Theorie der Kurven und Flächen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der projektiven Geometrie, 2; Geometrische Übungen, 1½ *g*. — **Bauschinger**: Stellarastronomie, 4; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, für Fortgeschrittene, 3 *g*. — **Wellstein**: Matrizen und ihre Anwendung auf Vektoranalysis und Integralgleichungen, 4; Enzyklopädie der Elementarmathematik, analytischer Teil, 2. — **v. Mises**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Prinzipien der Mechanik (mit Speiser), 1½ *g*; Grundbegriffe der Flugtechnik, mit Lichtbildern, 1 *g*. — **Epstein**: Variationsrechnung, 2. — **Wirtz**: Geographische Ortsbestimmung, 1. — **Speiser**: Einführung in die Algebra, 2; Mathematisches Unterseminar, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

v. Koch: Experimentalphysik: Elektromagnetismus, Induktion, Akustik, Optik, Elektrooptik, 4, Mathematische Ergänzungen, 2; Übungen im physikalischen Institut (mit Maier): a) Physikalisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Anleitung zu physikalisch-wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Handfertigkeits-Praktikum in Physik, für Vorgeschrittene, 2—3; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik, 1, Übungen, 2; Elektrotechnische Konstruktionselemente, 1, Übungen, 6; Elektrische Maschinen und Apparate II, 2; Dynamobau, Seminar, 1, Übungen, 6; Apparatebau für

Elektroingenieure, 1; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, 8; Projektieren elektrischer Anlagen, 1, Übungen, 4. — **Emde**: Gleichstromtechnik I, 3, II, 2, Übungen I und II, 8. — **Herrmann**: Schwachstromtechnik, 2, Übungen, 4; Elektrotechnische Meßinstrumente und Meßmethoden, 1, Übungen, 8. —

v. Hell: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie (mit Kauffmann, Schmidt und Bauer), tägl. außer Sonnabend. — **Gutbier**: Physikalische Chemie, 2; Technische Chemie, 2; Metallurgie, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien, 1; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und Technische Chemie (mit Sauer), tägl. außer Sonnabend. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil), 2; Toxikologie. — **Kauffmann**: Farbenchemie unter besonderem Eingehen auf die Chemie mehrkerniger Benzolderivate, 2; Chemische Tagesfragen aus Wissenschaft und Technik, mit Exkursionen, 1. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Bauer**: Pharmazeutisch-chemische Arbeitsmethoden, 2; Nahrungsmittelverfälschungen, 1. — **Rohland**: Anwendungen der physikalischen Chemie auf technische Analysen und Prozesse, 1 *g*; Technologie der Mörtel- und Tonmaterialien, 1 *g*; Chemie der unorganischen Kolloide, 1 *g*. — **Brunner**: Photographisches Praktikum, mit Exkursionen, 2. —

Haller: Trigonometrische Übungen, 2. — **Stübler**: Mathematische Geographie, mit Übungen, 2. — **Kutta**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2, III, mit Übungen, 3; Mathematisches Seminar, 2. — **Wölfling**: Krümmungstheorie, 3. — **Mehmke**: Mathematisches Seminar, 1; Darstellende Geometrie (mit Stübler) I, 3, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 2; Analytische Mechanik (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Kommerell**: Zahlentheorie, 2. — **v. Weyrauch**: Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, 2; Aerostatik und Aerodynamik, 2. — **A. Baumann**: Flugmaschinen und ihre konstruktiven Einzelheiten, 2; Ausführliche Behandlung wichtiger Fragen des Kraftfahrzeugbaus, 2; Motoren für Land-, Wasser- und Luftfahrzeuge, 2. — **Roth**: Perspektive, 2. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 6. — **v. Hammer**: Praktische Geometrie II: Vermessungskunde, 5; Messungsübungen, 12; Ausarbeitung der Messungen zur praktischen Geometrie, Übungen, 2; Geodätische Schlußübungen, 12 Tage; Geodätische Übungen (mit Heer), 4; Übungen in praktischer Geometrie (mit Heer), 8; Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, Übungen, 2; Direkte Zeit- und geographische Ortsbestimmung, Übungen, 2. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Mechanik, Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **Meyer**: Theoretische Physik I: Einleitung und Theorie der Wärme, 3, Übungen, 1; Meteorologie und Klimatologie, 1. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie II; Organische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen für Anfänger und Fortgeschrittene, Voll- und Halbpraktikum, tägl.: a) analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), b) chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), c) Präparative Arbeiten (mit Kliegl), d) Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus), e) Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie (mit Bülow, Weinland, Kliegl und Magnus). — **Thierfelder**: Physiologische Chemie der Eiweißstoffe, Fette und Kohlehydrate, 2; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger: a) Qualitative Analyse, 6, b) Quantitative Analyse und physiologisch-chemische Übungen, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie der Salzsäure-, Schwefelwasserstoff- und Schwefelammoniumgruppe mit besonderer Rücksicht auf die praktischen Arbeiten im Laboratorium, 3; Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technologie mit Exkursionen, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner und Lehramtskandidaten, 3. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe II, organischer Teil, 2; Quantitative Untersuchung der Arzneistoffe, 1; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1; Metallammoniumverbindungen, 1. — **Kliegl**: Moderne chemische Probleme: Umwandlung der Elemente, Kolloide, Nutzbarmachung des Luftstickstoffs, optische Aktivität anorganischer Verbindungen, 1. —

v. Brill: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Theorie der Krümmung der Flächen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis I, 4; Theorie und Anwendung der Determinanten, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Perron**: Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 4; Theorie der Funktionen einer reellen Veränderlichen, 3; Übungen im Seminar, 1. — **Happel**: Vermessungskunde mit praktischen Übungen, 2; Politische Arithmetik, 2. — **Rosenberg**: Sphärische Astronomie mit Berücksichtigung der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung, 2, Praktische Übungen, 2; Leitung selbständiger astronomischer und astrophysikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Magnus**: Einführung in die höhere Mathematik, 1; Analytische Chemie vom physikochemischen Standpunkt, 1. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner II, 5. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Physikalisch-wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Hasenöhrl**: Wärmelehre II, 5; Proseminar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*; Besprechung neuerer Arbeiten über theoretische Physik (mit Ehrenhaft und Nabl), 1. — **Jäger**: Ausgewählte Kapitel der Wärmeleitung, 1. — **Meyer**: Darstellung und Eigenschaften der radioaktiven Substanzen, 3. — **Ehrenhaft**: Elemente der theoretischen Physik: Optik und Elektrizität, 5. — **Mache**: Die spezifische Wärme, 1. — **Heß**: Die Theorie und die wissenschaftliche Verwertung des Luftballons, 2. — **Kohlrausch**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6. — **Haas**: Geschichte der Physik im 19. Jahrhundert, 2; Besprechung ausgewählter Abschnitte aus physikalischen Klassikern des 19. Jahrhunderts, 1 *g*. — **Trabert**: Wettervorhersage, 2; Thermodynamik (mathematisch), 1. — **Defant**: Die sekundären Windsysteme der Erde, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6 Wochen; Praktischer Kurs über Mikrophotographie, 20. —

Wegscheider: Theoretische und physikalische Chemie II, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene (mit Wenzel und Pollak), tägl. — **Goldschmiedt**: Experimentalchemie II: Organische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, tägl. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Pribram**: Kolloidchemie, 2. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Übungen in der Ausführung chemischer Schulversuche, für Physiker und Chemiker, 4; Organische Chemie, im Zusammenhange mit den praktischen Übungen für Mediziner, 2. — **Pollak**: Repetitorium der analytischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Übungen über ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, 4. — **Wenzel**: Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 3. — **Billiter**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **M. Kohn**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Abel**: Elektrochemie II, Strommechanismus, 2. — **Moßler**: Nichtoffizinelle Arzneimittel, 1. — **Kailan**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1. —

v. Escherich: Bestimmte Integrale, 5; Elementarmathematik, 1; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar

für Mathematik, 1 *g*. — **Wirtinger**: Algebra (Fortsetzung), 3; Elementarmathematik (Fortsetzung), 2, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **Mack**: Kurs für darstellende Geometrie, 3 *g*. — **Furtwängler**: Differential- und Integralrechnung II, 5, Übungen, 1 *g*, Proseminar, 1 *g*; Seminar, 2 *g*. — **Oppenheim**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Periodische Lösungen im Dreikörperproblem, 3, Übungen, 1 *g*; Numerische Differentiation und Integration, sowie Theorie der speziellen Störungen, 2. — **G. Kohn**: Synthetische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Geometrische Verwandtschaften II, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 6; Mathematische Statistik, 3. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Hanni**: Eulersche Integrale, 1. — **Hepperger**: Astrophysik, 3; Bahnbestimmung spektroskopischer Doppelsterne, 2. — **Schram**: Kalendariographie und Chronologie verschiedener Völker, 2. — **Ebert**: Elementare Einführung in die mathematische Geographie, mit praktischen Übungen, 3. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 3; Ausgewählte Kapitel der Physik, 2. — **Mache**: Physik, 2, 5 und 4. — **Knoller**: Luftschiffahrt und Automobilwesen, 3. — **Sahulka**: Elektrotechnik, $4^1/_2$, Praktische Übungen I (mit Reithoffer), 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Enzyklopädie der Elektrotechnik, 2; Übungen zu den Vorträgen über elektrische Schwingungen und Wellen, 4; Wechselstromtechnik, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 3, Konstruktionsübungen, 6; Elektrotechnik, Praktische Übungen II, 4. — **Hochenegg**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen einschließlich Stromverteilung, 3, Übungen, 4. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. —

Suida: Organische Chemie I, 5; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Bamberger**: Übungen im Laboratorium der allgemeinen Experimentalchemie, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Moser**: Die Methoden der technischen und exakten Gasanalyse, 2. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie I, $1^1/_2$, II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Praetorius**: Thermodynamik, Repetitorium, 1. — **Skrabal**: Chemische Kinetik, 2. — **Böck**: Chemie der synthetischen organischen Arzneimittel, 2; Moderne Anschauungen auf dem Gebiete der theoretischen organischen Chemie, 1. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 2. — **Abel**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie II: Chemie verdünnter Lösungen, 2. — **Klimont**: Chemie der Fette, 1; Chemie der Mineralöle, 1. — **Lippmann**: Synthese der Benzolderivate, 3. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Strunz**: Geschichte der Naturwissenschaften und der Naturbetrachtung II, 2; Die Biologie der Griechen, 2; Übungen: Gemeinsame Lektüre und Besprechung der neuen Literatur über Geschichte der Naturwissenschaften und ihrer Grenzgebiete, 2. — **Strache**: Beleuchtungswesen und Gasindustrie, 2; Übungen im Laboratorium der Versuchsanstalt für Gasbeleuchtung, 1. — **Erban**: Chemische Textilindustrie II, 1. — **Ruß**: Neuere Verfahren der anorganisch-chemischen Großindustrie, $1^1/_2$. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Rothe**: Mathematik I, 5; Fouriersche Reihen, nebst Anwendungen auf Physik und Elektrotechnik und Einführung in die Theorie der linearen Integralgleichungen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5. — **N. N.**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Übungen, 1. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 3. — **Förster**: Politische Arithmetik, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Konstruktive Behandlung der Regelflächen, 2, Konstruktionsübungen, 2; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie II, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Adler**: Graphisches Rechnen, 2. — **Wieghardt**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, $7^1/_2$. — **Jung**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, $7^1/_2$, Übungen, 2; Vektoranalysis, 2. — **Leon**: Analytische Mechanik des elastischen, festen Körpers: Theorie der Elastizität und Festigkeit, 2; Die Entwicklung und der heutige Stand des Materialprüfungswesens, 2. — **Pollack**: Praktische Übungen zu den Elementen der niederen Geodäsie, 5. — **Dolezal**: Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, für Bauingenieure, 10; Geodätisches Seminar, 2; Photographische Meßkunst: Photogrammetrie, Übungen, 2. — **Dokulil**: Übungen zur niederen Geodäsie für Geodäten, 5 und 10; Geodätisches Zeichnen: Situationszeichnen, 3, Geodätischer Kurs, 4; Technik des Katasterwesens, 2; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. — **Schumann**: Sphärische Astronomie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, $3^1/_2$. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 bzw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Harms**: Beobachten und Messen, 1; Ausgewählte Kapitel der Wärmelehre, 1. — **Rau**: Theorie und Anwendung des Wechselstromes, 2. —

Buchner: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Emmert und Langheld), 6; Praktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit v. Halban), 8; Kolloquium (mit Manchot, Pauly, Emmert, v. Halban und Langheld), 14tägig, $1^1/_2$ *g*. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- und ganztägig. — **Manchot**: Maßanalyse, unter Berücksichtigung der durch das Deutsche Arzneibuch vorgeschriebenen Methoden, 1. — **Pauly**: Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Besprechung von Tagesfragen der praktischen Chemie, 1 *g*. — **Emmert**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 1; Besprechung ausgewählter Kapitel der allgemeinen Chemie (mit v. Halban), 1. — **v. Halban**: Beziehungen zwischen den physikalischen Eigenschaften organischer Verbindungen und ihrer Konstitution, 1. — **Langheld**: Über Gärung, 1. —

Rost: Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik der Systeme starrer Körper, 4, Übungen, 1 *g*; Sphärische und praktische Astronomie II, mit Übungen, 4; Proseminar: Übungen aus der höheren Analysis, 2 *g*; Seminar für Versicherungswissenschaft: Höhere Mathematik II, mit Übungen, 2 *g*. — **v. Weber**: Synthetische Geometrie der Ebene, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Proseminar: Ergänzungen und Übungen zur höheren Algebra, 2 *g*. — **Hilb**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4 *g*; Integralgleichungen, 4; Übungen zur Funktionentheorie, 1 *g*. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere (mit Laue), tägl.; Aufgaben und Ziele der physikalischen Forschung, 1. — **Laue**: Theoretische Optik, mit Versuchen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Greinacher**: Radioaktivität, mit Demonstrationen, 1. — **Rusch**: Theorie der Wechselströme, 2; Die Grundlagen der modernen Elektrizitätslehre, 2. —

Werner: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten,

Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Naturwissenschaftler, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Chemie und Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. — **Pfeiffer**: Aromatische Chemie II, inkl. Farbstoffe, 3; Heterozyklische Verbindungen, inkl. Alkaloide, 2; Kolloidchemie, 1. — **Jantsch**: Terpene und Kampfer, 2. — **Reichinstein**: Galvanische Polarisation, 1. — **Baudisch**: Pflanzenchemie, 1. —

Zermelo: Differential- und Integralrechnung II, 4; Einführung in die Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Mathematische Übungen für Vorgeschrittene (mit Bernays), 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie II, 3. — **Gubler**: Politische Arithmetik, 2. — **Bernays**: Differentialgeometrie der Kurven und Flächen, 4; Elemente der Determinantentheorie, 2; Übungen zur Differential- und Integralrechnung, 1. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Theorie der Mikrometermessungen, mit praktischen Übungen, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

Weiß: Physik II, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schweitzer), 4, 6, 8; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik (mit Einstein), 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik II, 3, Ergänzungen, 1, Repetitorium, 1, Übungen, 1; Experimentalphysik, 4, Repetitorium, 1, Theoretische Ergänzungen, 1. — **Einstein**: Mechanik der Kontinua, 3; Molekulartheorie der Wärme, 2; Physikalisches Seminar, 2. — **Cherbuliez**: Geschichte der Physik im 19. Jahrhundert I, 2; Die Vorläufer der mechanischen Wärmetheorie, 1 *g*. — **de Quervain**: Ausgewählte Kapitel der Geophysik: Erdbebenkunde, Gletscherkunde, 1. — **Kuhlmann**: Theoretische Elektrotechnik I, 4; Allgemeine Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II, 16; Leitung der Diplomarbeiten in Elektrotechnik (mit Farny und Wyßling). — **Farny**: Elektrische Maschinen II, 3, Konstruktionsübungen, 9; Übungen in der elektrischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, 3. — **Tobler**: Schwachstromtechnik, 2; Militärtelegraphie und -telephonie, 1. — **Wyßling**: Elektrische Anlagen II, 2; Elektrische Bahnen, 3. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photogrammetrie, 1; Photographisches Praktikum, 14; Militärphotographie, 2. —

Treadwell: Analytische Chemie II, 2; Chemisch-technische Analyse, 4, Repetitorium, 1; Probierkunde mit Übungen, 2; Analytisches Praktikum, 16; Analytisch-chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 10 und 4. — **Baur**: Physikalische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Technische Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 8; Elektrochemisches Praktikum, 4; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Boßhard**: Anorganische chemische Technologie II: Alkalien, Chlor, Phosphate, 3, Repetitorium, 1, III: Glas, Keramik, Zement, 2, Repetitorium, 1; Technologie der Kohlehydrate und der Gärung, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Künstliche organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Fette und Beleuchtungsmaterialien, 2, Repetitorium, 1; Explosivstoffe, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Brennstoffe, 1. — **Grete**: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Toxikologie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Mikroskopierübungen II: Genußmittel und Gewürze, 4; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Warenkunde, 1. — **Schmidlin**: Spezielle anorganische Chemie: Seltene Erden und radioaktive Elemente, 1; Theoretische Chemie der Farbstoffe, 1. — **Staudinger**: Organische Chemie I, 6, Repetitorium, 1, II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16; Analytisch-chemisches Praktikum, 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Wiegner**: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 4, 8, 24. — **Winterstein**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Physiologische Chemie, 2; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 4, 8, 24. —

Hurwitz: Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 14tägig, 2. — **Amberg**: Versicherungsmathematik II: Lebensversicherung, 2. — **Baeschlin**: Vermessungskunde I, 3, Übungen, 3, III, 4, Übungen II, 8; Vermessungsübung, 2 Wochen; Übungen im Konstruieren geodätischer Instrumente, 2; Große Vermessungsübung, 3—4 Wochen; Diplomarbeit im Vermessungswesen, 6 Wochen. — **Beyel**: Darstellende Geometrie, 2; Kegelschnitte, 1. — **Brandenberger**: Einführung in den mathematischen Unterricht II, 2. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung, 2. — **Dumas**: Ausgewählte Kapitel der Theorie der algebraischen Funktionen von einer und zwei unabhängigen Variabeln (Fortsetzung), 2. — **Franel**: Höhere Mathematik II, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Geiser**: Invariantentheorie, 4. — **Grossmann**: Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 2 und 3; Ausgewählte Kapitel der darstellenden Geometrie, 2; Mathematisches Seminar, 14tägig, 2. — **Hirsch**: Höhere Mathematik II, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Keller**: Repetitorium der darstellenden Geometrie, 2; Projektive Geometrie, 2. — **Kienast**: Funktionen reeller Variabeln und bestimmte Integrale, 2. — **Kollros**: Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 3; Zahlengeometrie, 2. — **Kraft**: Ausdehnungslehre II (Graßmann), 1; Vektoranalysis I, 3, III, 3, IV, 3. — **Meissner**: Mechanik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 2. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Theorie der Mikrometermessungen, mit praktischen Übungen, 2. —

Angebote.

Elektrizitäts-Aktiengesellschaft

sucht für Abfassen und Redigieren von Preislisten und sonstigem Reklamematerial literarisch befähigten Herrn. Bewerber, die

Elektrotechnik oder Physik

studiert haben, werden bevorzugt.

Schriftliche Offerten mit Angabe des Bildungsganges, der bisherigen Tätigkeit und der Gehaltsansprüche unter **S. H. 395** an die Expedition der Physikalischen Zeitschrift, Leipzig, Königstraße 2.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Friedrich Krüger in Danzig-Langfuhr. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

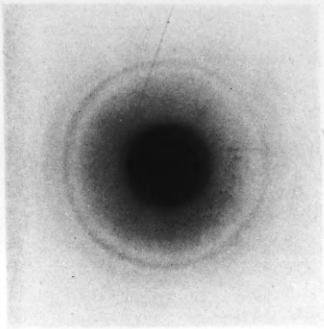


Fig. 1.

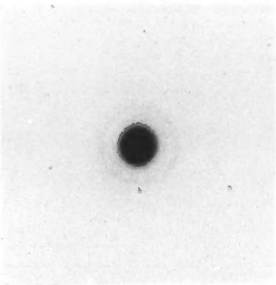


Fig. 2.

OBERLIN
COLLEGE
LIBRARY

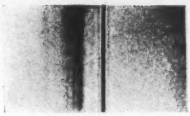


Fig. 1.

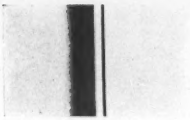


Fig. 2.

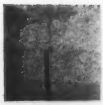


Fig. 3.

OBERLIN
COLLEGE
LIBRARY

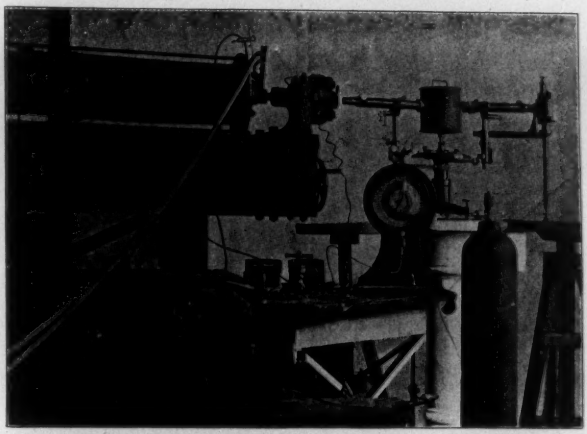


Fig. 2.

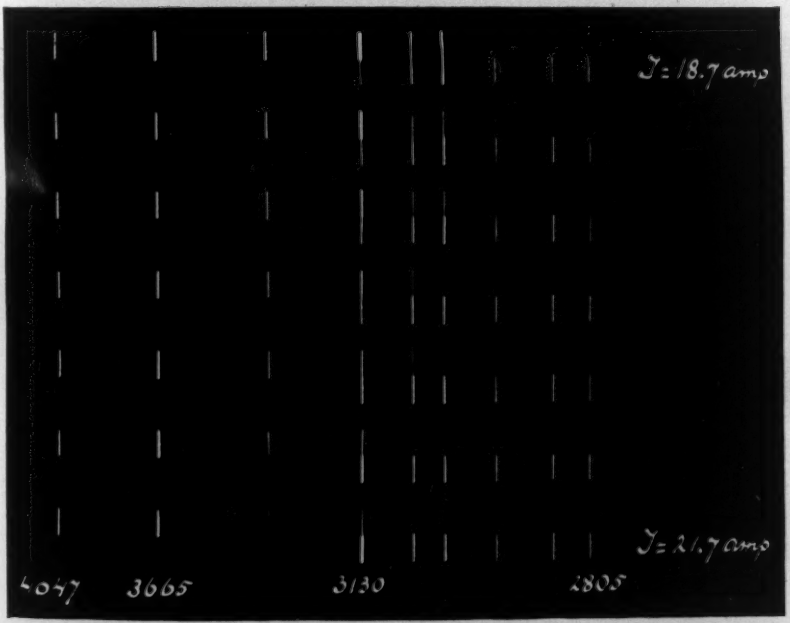


Fig. 4.